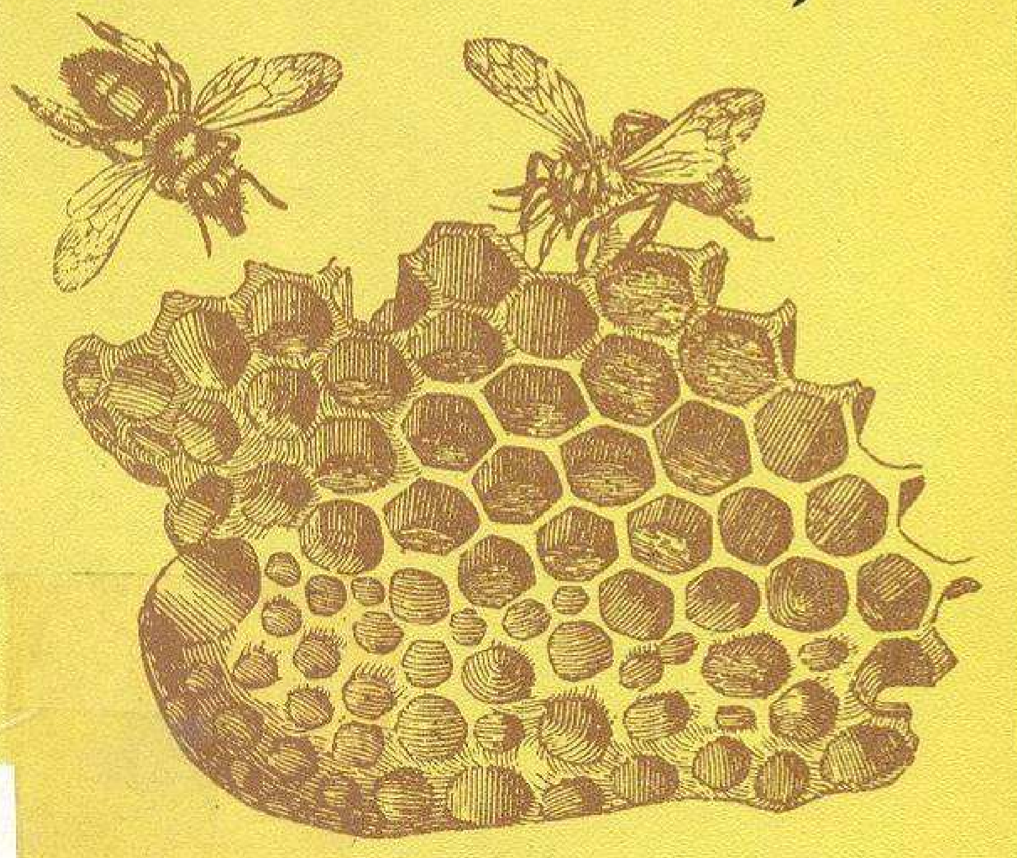
KARL VON FRISCH

PREMIO NOBEL DE MEDICINA 1973

LA VIDA DE LAS ABEJAS





Título de la edición original:
Aus dem Leben der bienen
Traducción de
Estanislao Rodríguez y Claudia Schaffer Müller
Cubierta de
Joan Batallé

Cuarta edición de bolsillo: 1984

Calabria, 235-239 - 08029 Barcelona
Depósito legal: B. 32.780 - 1984
I.S.B.N.: 84-335-2202-7
Printed in Spain - Impreso en España
Impreso en Romanyà/Valls, Verdaguer, 1, Capellades (Barcelona)

PROLOGO DE LA PRIMERA EDICION

Cuando el investigador de la naturaleza se pone gafas demasiado potentes para observar hechos relativamente sencillos, puede ocurrir que *los árboles no le dejen ver el bosque.* Esto ocurrió hace unos veinticinco años a un sabio de reconocido mérito, cuando estudió en su laboratorio el sentido visual de los animales y llegó a la conclusión francamente errónea de que las abejas eran ciegas al color. Este hecho me indujo a comenzar a ocuparme en el estudio de la vida de tales animalillos. Porque quien conozca la preferencia de las abejas por las flores de vivas coloraciones se inclinará mejor a creer que las conclusiones del investigador eran equivocadas, que no en tal contrasentido de la naturaleza. Desde aquella fecha he venido siguiendo con creciente interés las costumbres del pueblo de las abejas. A ellas debo horas de la más pura alegría que acompaña al descubrimiento, dispersas entre días y semanas de desmayo y esfuerzos frustrados. El deseo de comunicar a otros las satisfacciones experimentadas fue el origen de la preparación de este librito. En él se encuentran, resumidas, observaciones de otros investigadores pertenecientes a generaciones anteriores, descubrimientos realizados por mis colaboradores y hallazgos propios, hermanando todo ello, sin mencionar nombres. Deben interesarnos los hechos y no los nombres de los que por primera vez los observaron.

Pero, ¿hacía falta la aparición de un nuevo libro relativo a las abejas? Ahí está la maravillosa obra de Maeterlinck, *La vida de las abejas*, o de Bonsels, *Maya*

la abeja, ambas plenas de notables observaciones y un verdadero encanto para el lector versado; pero el lego discierne con dificultad los límites que separan las observaciones de lo que es mera fantasía poética. Quien desee formarse un claro concepto acerca de la vida real de las abejas, completamente exento de aditamentos poéticos, deberá buscar su información en los tratados o en los manuales de apicultura. Pero estos libros se hallan escritos para el colmenero práctico, y se detienen en muchos detalles que no interesan al verdadero amante de la naturaleza; además, tampoco se encuentran completamente exentos de fantasía, aun cuando ahora desprovista del genio del poeta. Sólo nos quedan los libros puramente científicos.

Mi deseo es comunicar al lector el interés hacia la vida de las abejas, sin fatigarlo con la carga de las normas y reglas prácticas del colmenero, que tanto abundan en los manuales, o con el fárrago de estadísticas numéricas, protocolos y documentos que, para alcanzar la perfección debida, han de acompañar a los trabajos científicos; pero también sin intentar adornar con fantasías la poesía de la verdad.

Brunnwinkl, Pascua de 1927.

K. v. FRISCH.

PROLOGO DE LA OCTAVA EDICION

La vida de las abejas es una fuente encantada. Cuanto más se esfuerza uno en agotarla, tanto más abundantemente fluye. Pero hemos tenido que poner un límite al volumen de este libro. Desgraciadamente, no se trata de un saco sin fondo, donde todo lo que introducimos no altere su capacidad.

Sólo nos quedaba una posibilidad: resumir y eliminar el material menos importante y añadir los descubrimientos y hallazgos realizados en los últimos años. No debemos silenciar el método que nos hizo posible observar la boda de la reina de las abejas, el sorprendente comportamiento de los zánganos para asegurar su cita, la orientación hacia la luz solar polarizada y las características de los ojos que así lo hacen posible, así como una interpretación del desarrollo histórico-genético del idioma de las abejas y otros temas. Hemos añadido seis nuevas ilustraciones y sustituido cuatro por otras de mayor calidad.

Para quien, a pesar de todos los adelantos de la técnica, mantiene despierta su sensibilidad para con la naturaleza, el conocimiento de la vida de las abejas será una fuente de alegría y sorpresas. Para el apicultor, ésta es la razón de su éxito.

Munich, invierno de 1968.

K. v. FRISCH.

1. EL PUEBLO DE LAS ABEJAS

El amigo de la naturaleza tiene dos maneras sencillas de trabar conocimiento con las abejas: si va paseando, cualquier tarde calurosa de primavera o de verano, hasta un vergel florido, o hasta un prado en plena floración, las verá afanosamente ocupadas en visitar las flores y si llega hasta poseer un colmenar podrá contemplar el ajetreado ir y venir, entrar y salir de los animalillos por las *piqueras* o accesos de entrada en sus viviendas. Si se trata de un apicultor acomodado, quizá tenga algunas docenas de colmenas, tal vez más de cien de ellas en su explotación. Si es un principiante o un hombre que no conoce a fondo su oficio, o si la región no es favorable para el desarrollo de las abejas, poseerá pocas colmenas, quizá solamente una. Pero esa colmena única será todo un «pueblo de abejas», con muchos miles de habitantes. El labrador puede poseer una sola vaca, un solo perro, incluso una sola gallina, pero jamás podrá tener una sola abeja, porque, si esto ocurriera, no tardaría en quedarse sin ella. A primera vista este hecho parece poco comprensible, por lo que resulta digno de ser estudiado. Si observamos la parentela más o menos lejana de nuestras abejas, es decir, los demás insectos, encontramos que esta vida en común de tan gran número de individuos no es frecuente. Las mariposas, los escarabajos, las libélulas, etc., nos enseñan que los individuos de sexo opuesto, macho y hembra, se encuentran sólo durante un corto período de tiempo y se separan en seguida para seguir cada uno su camino: las hembras deposi-

tan sus huevecillos en lugares en que los nuevos seres encuentran suficiente alimento en los primeros momentos de su vida, y no se preocupan más de su prole, a la que no llegan a conocer casi nunca, puesto que, en la mayor parte de los casos, la madre ya ha muerto cuando las nuevas crías salen de sus huevos. ¿Por qué se encuentran, pues, las abejas, tan íntimamente ligadas unas a otras, de manera que no pueden vivir solitarias? ¿Qué es el pueblo de las abejas?

Supongamos que nuestro amigo de la naturaleza está en condiciones de dirigirse a un apicultor inteligente y rico, que no tenga inconveniente en sacrificar, por algún dinero, o por algunas frases amistosas, una de sus *colonias*. Al atardecer, cuando todos los animalillos que salieron de la colmena han vuelto a recogerse en ella, cierra la piquera, introduce en la colmena un narcótico y vuelca el contenido de ésta sobre la mesa, ante los ojos de nuestro amigo, deseoso de aprender. Éste no podrá por menos de quedarse asombrado ante la enorme cantidad de habitantes que contiene. Si se toma el trabajo de contarlos, y la colmena elegida no es de las más débiles, encontrará que contiene de 40 000 a 70 000 abejas, es decir, tantas como habitantes tiene una de las ciudades alemanas de tipo medio, tales como Bayreuth o Erlangen. Sin embargo, no se habrán contado las abejas en edad infantil, que no pueden ser vistas de manera tan sencilla, pues para ello es preciso aplicar un método especial. Por tal razón nos limitaremos de momento a considerar solamente las adultas.

A primera vista, todas ellas son completamente iguales. El cuerpo de cada abeja queda claramente dividido en tres partes: la cabeza, que lleva grandes ojos en sus lados, en su parte inferior la boca y, en la anterior, las dos antenas (fig. 1) que se encuentran en todos los insectos y que, sobre todo en los escarabajos longicornos, alcanzan un desarrollo muy respetable; el tórax, a cuyos lados se asientan dos pares de alas, y, en su parte inferior, tres pares de patas, y al que se

enlaza, mediante un delgadísimo talle, la tercera parte o abdomen.

Observando a las abejas con algo más de detenimiento, no tardamos en hallar algunas diferencias entre los animales que forman parte de la colonia. Uno de ellos se distingue de todos los demás por su largo y esbelto abdomen. El apicultor le designa con el nombre

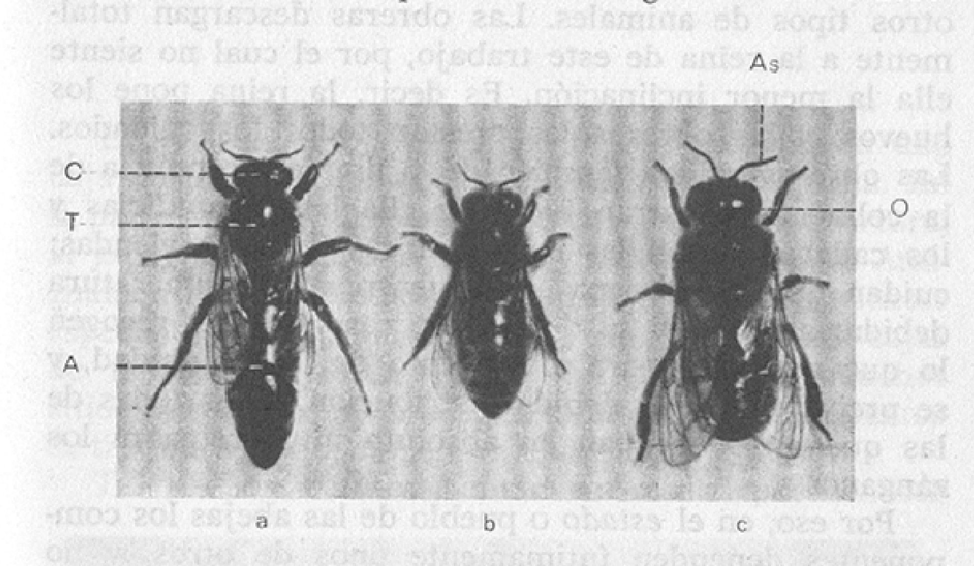


FIG. 1. *a*, Reina (hembra perfecta); *b*, obrera; *c*, zángano (abeja macho). *C*, cabeza; *T*, tórax; *A*, abdomen; *O*, ojos; *As*, antenas. Dos veces el tamaño natural. *(Fot. Dr. Leuenberger)*

de *reina* (fig. 1 *a*); de ella depende, en primer término, el bienestar y la riqueza de la colonia, pues es la única hembra, en la ciudad de las abejas, que pone huevos y proporciona continuidad a la especie. En mayor número se encuentran otra clase de individuos, caracterizados por su cuerpo grueso y pesado y por sus ojos especialmente voluminosos. Son los machos, o *zánganos* (figura 1 *c*), que se encuentran en la colmena únicamente durante la primavera y a principios de verano; más tarde son seres completamente inútiles, por lo que se les excluye violentamente de la comunidad: en otoño y en invierno sería empeño vano buscar zánganos en ninguna colmena. Todos los demás pobladores de la colonia son abejas *obreras* (fig. 1 *b*), que forman la gran

masa del pueblo: son hembras que no ponen huevos. Esta actividad, la más claramente característica del sexo femenino de la reina de las abejas y de las hembras de otras clases de insectos, se encuentra atrofiada en las obreras. Sin embargo, el impulso maternal que obliga a cuidar y a alimentar a los pequeñuelos está en ellas desarrollado en forma completamente desconocida en otros tipos de animales. Las obreras descargan totalmente a la reina de este trabajo, por el cual no siente ella la menor inclinación. Es decir, la reina pone los huevos, y las obreras les prestan todos los cuidados. Las obreras cuidan también de la limpieza o policía de la colmena, arrastran fuera de ella las inmundicias y los cadáveres; son las constructoras de sus viviendas; cuidan que la colmena se encuentre a la temperatura debida; acuden en su defensa en caso preciso; recogen lo que necesitan para el sustento de la comunidad, y se preocupan de la debida distribución, cosas todas de las que no se ocupan en absoluto ni la reina ni los zánganos.

Por eso, en el *estado* o pueblo de las abejas los componentes dependen íntimamente unos de otros, y no pueden subsistir individualmente por sí solos.

2. LA HABITACION DE LAS ABEJAS

El apicultor aloja cada una de sus colonias en una caja de madera, que recibe el nombre de *colmena.* En la parte anterior de esta caja se encuentra una abertura, *la piquera,* por la cual entran y salen las abejas. Antiguamente, los apicultores utilizaban unos recipientes especiales, construidos de paja, en lugar de las cajas de madera empleadas en la actualidad; en muchos sitios pueden verse todavía utilizando los alojamientos de tipo antiguo (fig. 2).

Tal vez los lectores sientan curiosidad por conocer



FIG. 2. Colmenar de cestos en una casa de campo de Übersee, Alta Baviera. *(Fot. Dr. Wohlgemuth)*

dónde habitaban las colonias de abejas antes de que el hombre les proporcionara alojamiento. La apicultura es un arte muy antiguo, pues ya hace 5000 años que la practicaban los egipcios, según puede deducirse de las pinturas halladas en templos y tumbas reales; pero las abejas son todavía más antiguas, y han debido vivir en alguna parte antes de que el hombre las cuidara y explotara. Ocurre con frecuencia que una colonia de abejas abandona la casa materna y llega hasta el bosque, donde se aloja en cualquier árbol hueco. Ésta era la primitiva habitación de las colonias de abejas, y como en aquellos tiempos seguramente habría en los bosques más árboles huecos que en la actualidad —en que también éstos son cuidadosamente atendidos y explotados—, no es de creer que faltaran viviendas para las abejas.

El árbol, como el cesto, el gabión o el corcho, constituyen solamente la protección externa del hogar de las abejas: la estructura interior es obra de los mismos animalillos, y se halla formada por un tejido o panal de cera (fig. 3).

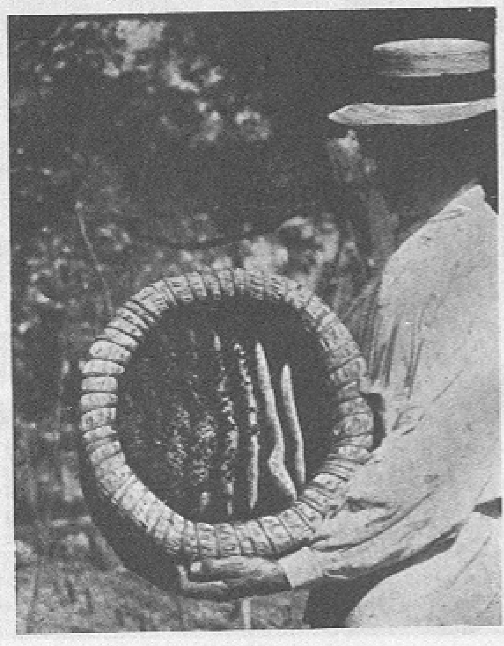


FIG. 3. Cestón invertido de modo que puede verse el interior por la parte inferior de los panales. *(Fot. Prof. Zander)*

Muchos apicultores utilizan como *casa* para las abejas un trozo hueco de madera, que, en realidad, no es otra cosa que una porción de árbol hueco (fig. 4). Este tipo de colmena es el más semejante a las primitivas, formadas de madera natural. Los cestos ofrecen interiormente una forma muy análoga, pero tienen la ven-

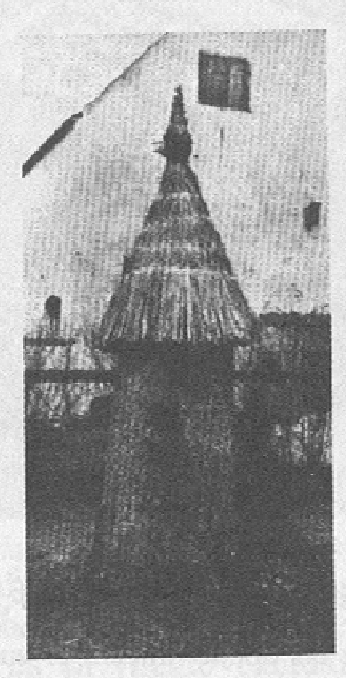


FIG. 4. Pedazo de tronco hueco, utilizado para colmena. *(Fot. Dr. Wohlgemuth)*

taja de ser más ligeros y manejables, aparte la de ofrecer mayor protección térmica en la época de los grandes fríos. Pero todos estos tipos de colmenas son, en general, poco prácticos, porque resultan de un interior difícilmente accesible cuando se quiere manipular en ellas. La apicultura realizó un gran avance cuando, a mediados del siglo pasado, se ideó ofrecer a las abejas como habitación, una caja de madera cuya pared posterior o cuya cubierta pudieran quitarse, y se colocaron en el interior una serie de pequeños cuadros o marcos en los que las abejas construyen sus panales de cera (fig. 5). Cada panal puede sacarse de la colmena junto con el cuadro o marco sobre el cual se halla construido, y

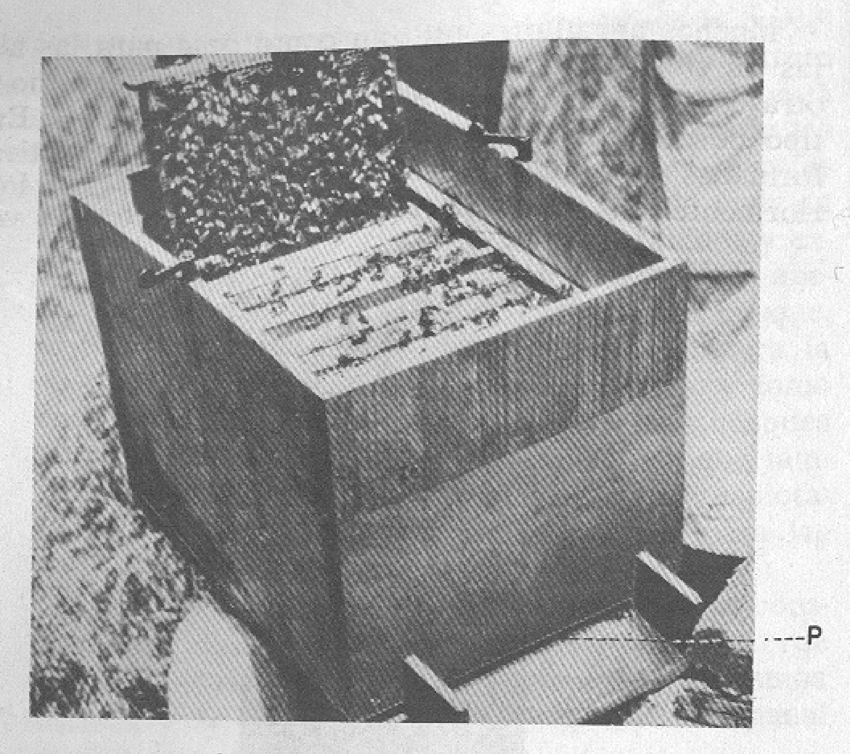


Fig. 5. Colmena de caja. Se ha quitado la tapa y se saca uno de los panales con su marco de madera. *P*, piquera en la parte anterior de la caja, ante la que se coloca una tablita desde la que las abejas inician el vuelo

puede volver a ser colocado en su lugar, si lo que se deseaba era solamente observarlo o colocarlo mejor de lo que se hallaba, o quitarlo al estar lleno de miel, sustituyéndolo por otro vacío, sin molestar con ello de manera sensible al pueblo de las abejas; mientras que en el antiguo sistema, el extraer la miel iba acompañado de la destrucción de gran parte del trabajo de los animalillos, y, muchas veces, de la de todo el enjambre. Por esta causa, se han difundido notablemente, en la actualidad, las colmenas formadas por cajas de madera provistas de *panales móviles*.

El que también sea móvil la colmena en su totalidad, es sumamente ventajoso para el colmenero. El tronco hueco, la primitiva habitación de las abejas, es inamovible: pero, en cambio, el apicultor puede coger sus

corchos y sus cajas, cargarlos en un vehículo y viajar con ellos hacia otras regiones, en aquellas épocas en que las flores, la fuente de miel para las abejas, comienzan a faltar en el lugar de locación, mientras abundan todavía en otros sitios. Esta *apicultura trashumante* constituye, en muchas regiones, un valioso método para aumentar la cosecha de miel. Donde existen grandes campos de alforfón, o extensas llanuras con ricos brezales, en los que se abren millones de tardías flores ricas en miel, durante algunas semanas, a final de verano, se ve aparecer a los colmeneros que vienen a instalar en ellos sus colonias, de la misma manera que el pastor envía sus rebaños a los pastos de verano, para utilizar a su debido tiempo pastizales que de otra manera quedarían sin empleo.

Las cajas y marcos, o cuadros, son los elementos que el apicultor pone a disposición de las colonias de abejas para la formación de su ciudad. Los panales, incluyendo el material de que están formados, la *cera*, son fabricados por las abejas. Cada obrera lleva en sí misma una pequeña fábrica de dicho material.

Esto parece muy extraño, y apenas puede comprenderse, aun cuando se diga que, en realidad, la fabricación de cera no es privilegio exclusivo de las abejas. Esta capacidad se encuentra también en otros insectos. Así, por ejemplo, en verano no es raro observar unas pequeñas motas que bogan surcando el aire, semejantes a diminutos copos de nieve. Si cogemos alguno de tales copos, observaremos que está constituido por una especie de pulgón, revestido de una pellica de finísimos hilos de blanda cera, exudada de su piel. Las abejas segregan la cera, cuya composición química es muy semejante a la de la grasa, por la parte inferior del abdomen. La cera aparece en forma de pequeñas y delgadas escamas, producidas en lo profundo de los pliegues de la piel que forman los anillos del abdomen (figura 6). En lugar de dejar caer tales escamas, que se perderían así inútilmente, las abejas las toman en sus patas, las amasan con la potente herramienta que po-

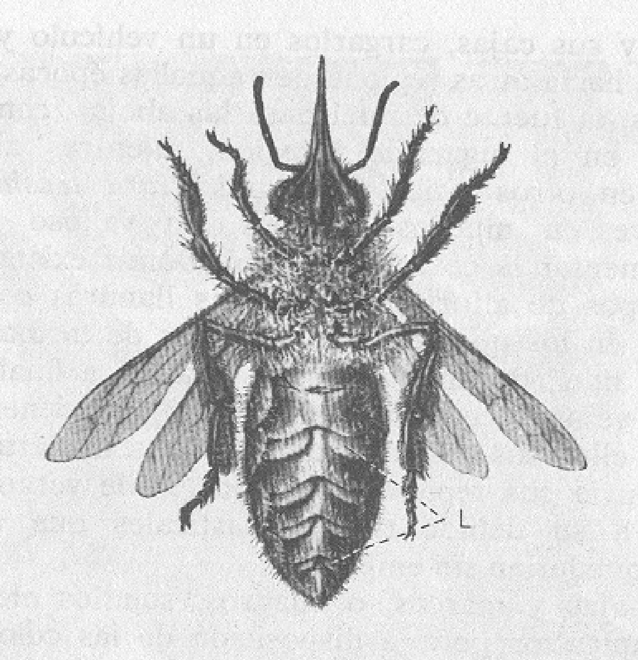


FIG. 6. Abeja exudando cera; vista por debajo. *L*, laminitas de cera que salen de las glándulas cereras

seen en la boca a modo de tenaza, y forman así pequeños sillares de cera con los que, pieza a pieza, van construyendo su panal (figs. 6 y 7).

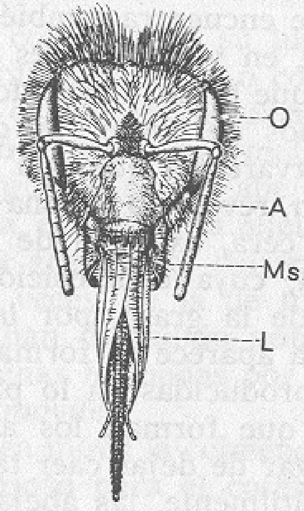


FIG. 7. Cabeza de abeja vista por delante. *Ms*, mandíbula superior; *L*, lengua o trompa; *A*, antena; *O*, *ojo*. (Aumentado)

La construcción de panales en el interior de la colmena no es continua; pero cuando es necesario, se realiza con extraordinaria rapidez. La fotografía de la figura 8 nos ofrece el aspecto de lo construido por las pequeñas arquitectas durante una noche. En la misma figura podemos ver que la construcción comienza por la parte superior y va avanzando hacia abajo.

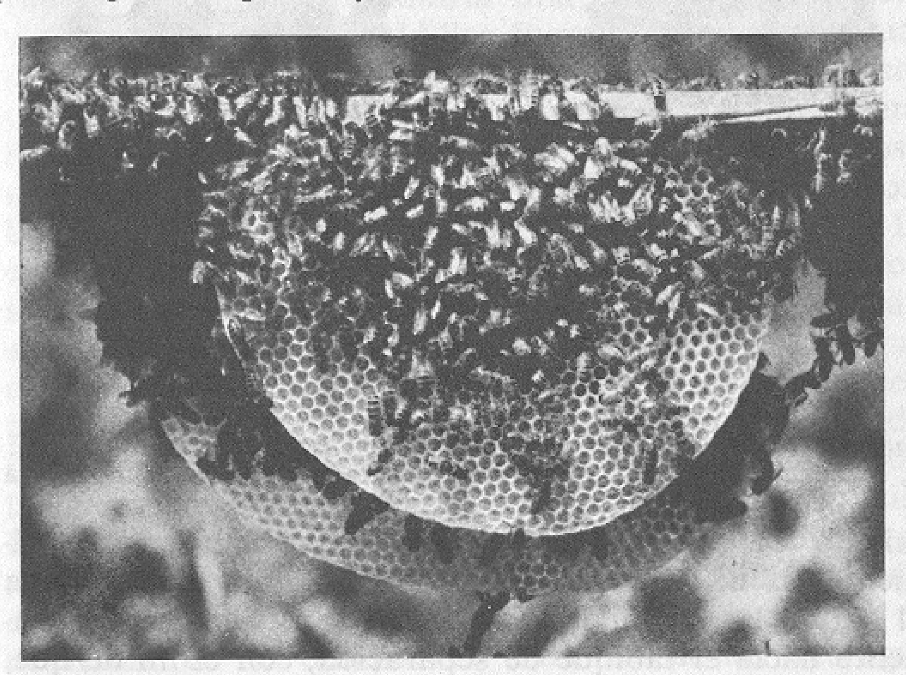


FIG. 8. Panal en plena construcción. *(Fot. E. Schuhmacher)*

Cada panal consta de muchos millares de pequeños alvéolos de cera, parte de los cuales servirán como alojamiento a la cría, y parte para almacén de provisiones. Estas celdillas se construyen de una forma asombrosamente adecuada al objeto a que se destinan. Si cortamos transversalmente un panal, de arriba a abajo, obtendremos una sección como la representada en la figura 9 *a*. El panal presenta una pared intermedia *M*, que, como el resto de la construcción, es de cera, y forma el fondo común de las celdillas construidas a ambos lados. Con objeto de obtener el debido refuerzo, las celdas de ambas caras se encuentran contrapuestas, con lo que, además, se obtiene el máximo aprovecha-

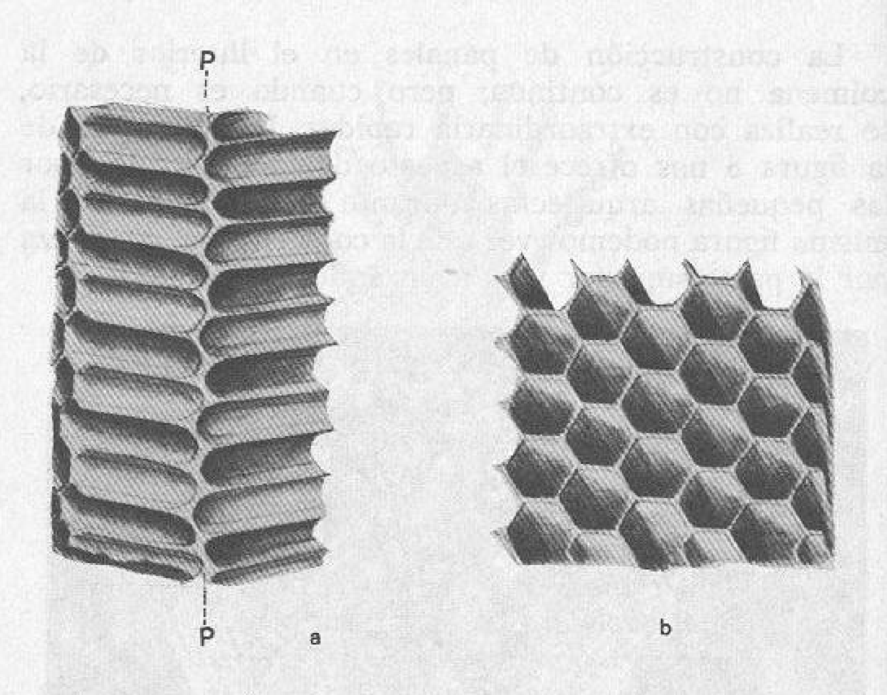


FIG. 9. Construcción de las celdillas del panal. Trozo de panal: *a*, sección transversal; *b*, visto desde delante; *P*, pared intermedia

miento del espacio. Las paredes que limitan lateralmente las celdillas se hallan dispuestas de manera que el eje de las cavidades ofrece cierta inclinación descendente hacia el tabique de separación, con el fin de que, una vez llena la celdilla con miel fluida, ésta no se escape del recipiente que la contiene. Lo más digno de atención es que las paredes laterales de cada celdilla forman un hexágono (fig. 9 *b*). Las abejas podrían

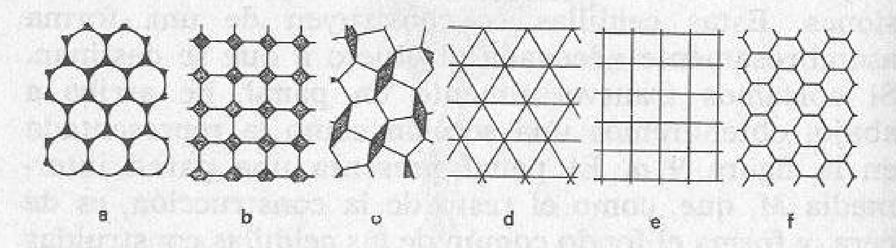


FIG. 10 (Explicación en el texto)

construir, desde luego, sus celdas, de sección redonda, como hacen los abejorros; o de secciones poligonales con un número diferente de lados, limitando unas con otras (fig. 10). Sin embargo, las celdillas de sección circular, pentagonal u octagonal (fig. 10 *a-c*), dejarían huecos entre sí (en la figura los huecos aparecen rayados), lo que representaría una pérdida de espacio y de material. Si las celdillas fueran, triangulares, cuadrangulares o hexagonales desaparecía tal inconveniente, puesto que cada tabique corresponde de manera inmediata a dos celdillas contiguas, aprovechándose mejor el material y no quedando huecos intermedios. Los triángulos, cuadrados y hexágonos de la figura 10 están dibujados de manera que todas las figuras tienen la misma superficie. En dicha escala, las celdillas tendrán siempre igual capacidad si su profundidad es la misma, de manera que contendrán idéntica cantidad de miel, tanto si son triangulares como si su sección es cuadrada o hexagonal. Pero las celdas de sección hexagonal son las de perímetro más reducido a igualdad de superficie. Esta propiedad se comprueba fácilmente mediante el cálculo matemático, pero se puede demostrar también de manera sencilla y directa, midiendo con un compás el desarrollo de los tabiques en cada una de las tres figuras, llevando los valores obtenidos sobre sendas rectas distintas para poder comparar los resultados. De ello se deduce que para una misma capacidad de celdillas, la hexagonal es la que menos cantidad de material exige en su construcción, y, además, los cuerpecillos redondos de las larvas se adaptan mejor a esta forma de vaso que a las secciones cuadradas y triangulares.

Las abejas han encontrado, por tanto, en la sección hexagonal, la forma de celdillas más adecuada y económica que puede imaginarse. Un albañil necesitaría de la escuadra y la plomada para hacer una construcción tan perfecta. Los ángulos deben medirlos las abejas con los múltiples tentáculos sedosos que llevan en la cabeza y antenas, aunque no sabemos nada cierto al respecto. Una plomada les es dada como parte viviente de su

cuerpo. La cabeza descansa por encima de su gravedad sobre dos úvulas de quitina del tórax (Z en la fig. 11 *a*). Si la abeja está sentada en el panal, con la cabeza hacia arriba, la gravedad tira hacia el tórax la parte inferior más pesada (fig. 11 *b*, flecha). Un cúmulo de células

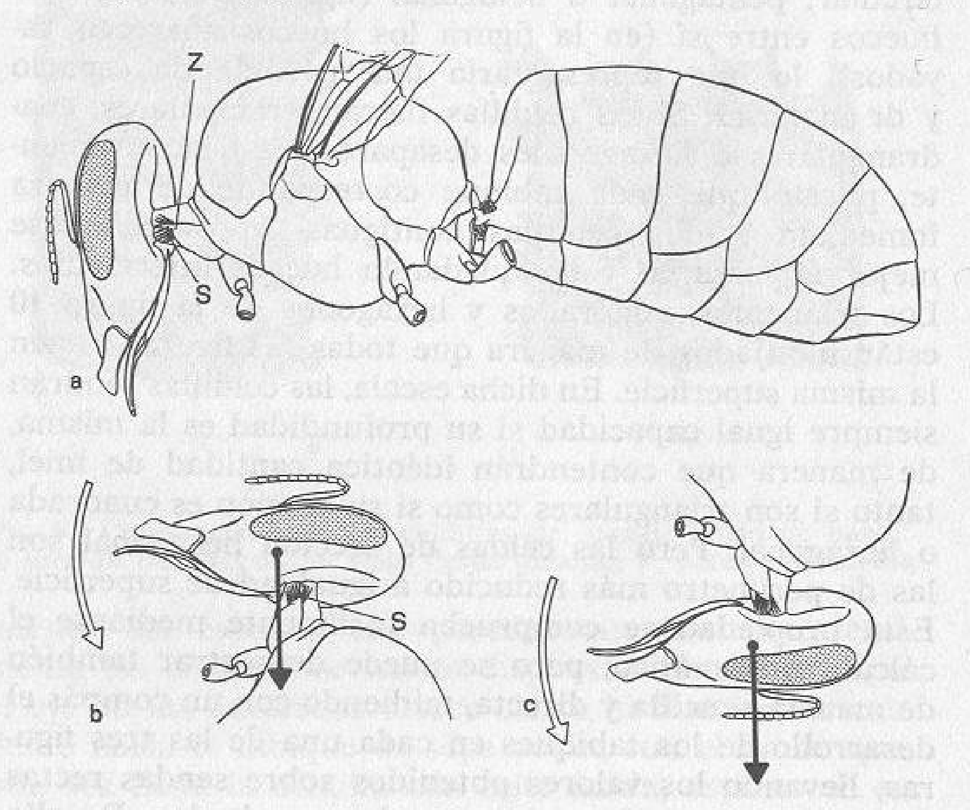


FIG. 11. El órgano del sentido de la gravedad, situado en la unión de cabeza y tórax. La cabeza reposa sobre pivotes de quitina en el tórax anterior (Z en fig. *a*). Para hacerlos visibles, la cabeza ha sido estirada hacia adelante. Dado que su centro de gravedad (punto de partida de las flechas en *b* y *c*) se encuentra más abajo, la cabeza se mueve contra el tórax al estar en posición hacia arriba (*b*), y contra el dorso cuando está en posición hacia abajo (*c*). Debido a estos movimientos, las sedas sensitivas S, que tocan la cabeza, son estimuladas de distintas maneras. Un órgano sensorial idéntico se encuentra entre tórax y abdomen. *(Según Lindauer y Nedel)*

sensoriales de tacto muy sensibles (S), en la punta de la úvula, sirve para indicar estos movimientos de rotación. Con la cabeza hacia abajo la rotación se efectúa en sentido contrario (fig. 11 *c*), y cualquier posición oblicua provoca una distribución distinta e indicativa de la pre-

sión sobre el cúmulo de células sensoriales. Por lo tanto, las abejas son capaces de controlar su propia posición del cuerpo y al igual que la posición del panal en el espacio. Si destruimos su órgano de gravedad, dejan de construir y encontraremos tiradas por el suelo las laminitas de cera segregadas.

Hemos dejado explicado el doble objeto de las celdillas del panal. En ellas se almacenan las reservas alimenticias de la colonia y se aloja la cría que asegura su continuidad. Ahora nos hallamos en condiciones de estudiar la labor recolectora y el proceso reproductivo de las abejas.

3. LA ALIMENTACION DE LAS ABEJAS

Rarezas y curiosidades en materia alimenticia se encuentra tanto en el hombre como entre los animales. El hombre posee un amplio campo para elegir a su capricho; pero en las especies animales la naturaleza limita de modo muy extrecho los alimentos que cada una puede o no tomar. Muchas especies de orugas de mariposa se alimentan exclusivamente de hojas de diversas clases: hay una que vive sólo de hojas de sauce y que moriría de hambre si no dispusiera de este alimento.

Estas diferencias son muy curiosas, pues en realidad, hombres y animales, bien se hallen sometidos a un régimen alimenticio muy restringido, bien sean omnívoros, ingieren las mismas substancias alimenticias, aun cuando presentadas en muy diversas formas. Todos precisamos para subsistir grasa y azúcar como combustibles para nuestra máquina vital, verdaderas fuentes de energía muscular, tan indispensables para nuestra vida como es necesario el combustible para que una locomotora se mueva y desarrolle trabajo. Ello quiere decir que debemos ingerir materia azucarada, lo que no significa precisamente que se haya de comer dulces: también el pan y las patatas proveen de azúcar a nuestro organismo, pues su principal componente, el almidón, es muy análogo al azúcar desde el punto de vista químico, y, en realidad, se transforma en dicha substancia en nuestro interior, gracias a la actividad de los órganos digestivos. El cuerpo del hombre y de los animales está compuesto por proteínas en una parte con-

siderable y esencial, y el crecimiento sólo es posible gracias a las proteínas que se ingieren con los alimentos.

Las abejas precisan igualmente de ambas clases de alimento; raras veces se ve tan claramente como en este caso semejante necesidad, puesto que las pecoreadoras, para la recolección y almacenado en sus depósitos, buscan la miel, rica en materia azucarada y que proporciona al cuerpo de la abeja el material combustible, y el *polen*, rico en proteínas, alimento constructivo indispensable para los cuerpecillos en crecimiento.

Ambos alimentos los recogen las abejas de las flores, y no buscan otra cosa cuando las observamos tan atareadas recorriendo las plantas en floración. Durante el invierno no pierden totalmente el apetito, pero entonces no hay flores en que recoger el alimento. Por esto reúnen las abejas, durante la primavera y el verano —mientras todo florece y reina la abundancia—, un exceso de miel que almacenan en la colmena, para hacer frente a las necesidades del invierno. Pero el polen no se acumula como reserva invernal, más que en la cantidad estrictamente indispensable para la cría durante los meses inclementes.

Qué es la miel y cómo la recolectan las abejas

Si cortamos un tallo de trébol de los prados, arrancamos cuidadosamente algunas de las florecillas que en él se encuentran y machacamos su parte inferior en forma de tubo, observaremos que la pasta así formada tiene un sabor dulce. Si acaso las abejas no han libado con mucha asiduidad nuestras florecillas, todavía habremos podido ver, en el fondo del cáliz, una diminuta gotita, clara como el rocío, que no es otra cosa que agua azucarada. La mayor parte de las flores destilan, en el fondo del cáliz, un jugo azucarado de este tipo, al que los botánicos dan el nombre de *néctar*. Y no sin razón, pues con él designaban los antiguos

griegos la bebida de los dioses, de aroma maravilloso y que tenía la propiedad de conferir la inmortalidad. Es indiscutible la suavidad del aroma de la miel y, aunque no hace inmortal, no son pocos los apicultores instruidos —y algunos médicos— que están convencidos de que su uso es muy sano y contribuye a prolongar la vida. Cómo ocurre esto, y aun si tal afirmación es cierta, es cosa que la ciencia debe todavía investigar con exactitud.

En muchas flores, las gotitas de néctar se ofrecen libremente en el fondo de un cáliz poco cóncavo (fig. 12)

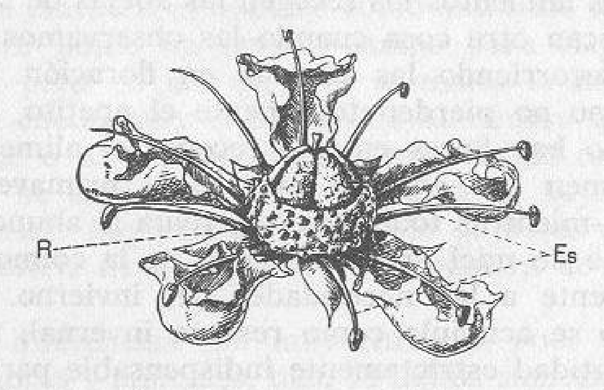


FIG. 12. Flor de ruda *(Ruta graveolens)*. Las gotitas de néctar son exudadas por el rodete anular *R*, situado en el centro de la flor. *Es*, estambres. (Aumentada tres veces)

y al banquete acuden invitados, además de las abejas, moscas, escarabajos y toda clase de comensales del mundo de los insectos. Otras flores, como la de nuestro trébol, o la de *Thermopsis* (fig. 13), producen el néctar en el fondo de un cáliz en forma de tubo alargado, en donde sólo puede ser alcanzado por los insectos especialmente adaptados para ello: la abertura de la boca de las abejas, abejorros y mariposas, se prolonga en una trompa suctora, móvil y maravillosamente dispuesta (fig. 7), mediante la cual pueden aspirar hacia el estómago, la miel que se encuentra en la parte más profunda de la flor.

Lo que nosotros recibimos en nuestro estómago, se digiere y se transforma, mediante la acción de jugos

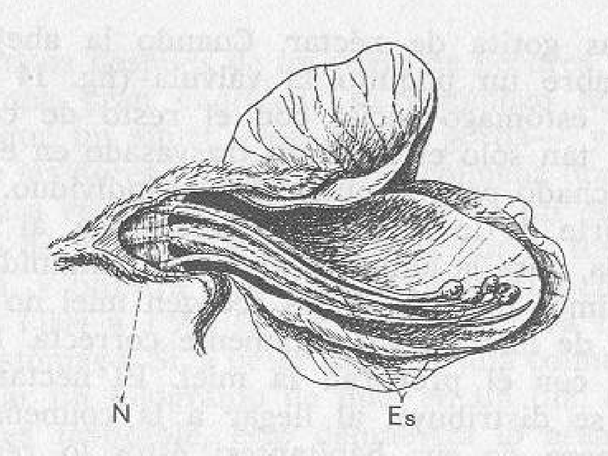


FIG. 13. Sección longitudinal de una flor de *Thermopsis montana*. El néctar, *N*, se encuentra en el fondo del profundo cáliz. *Es*, estambres. (Dos aumentos)

gástricos, y pasa a formar parte integrante de nuestro organismo. Pero el estómago de las abejas es únicamente un saco de recolección, y lo introducido y contenido en él pertenece a toda la familia, al conjunto de la colmena o comunidad de las abejas (fig. 14 *B*). Durante la visita que la abeja hace a las flores, va pasando a su estómago, a través de la trompa y del largo esófago,

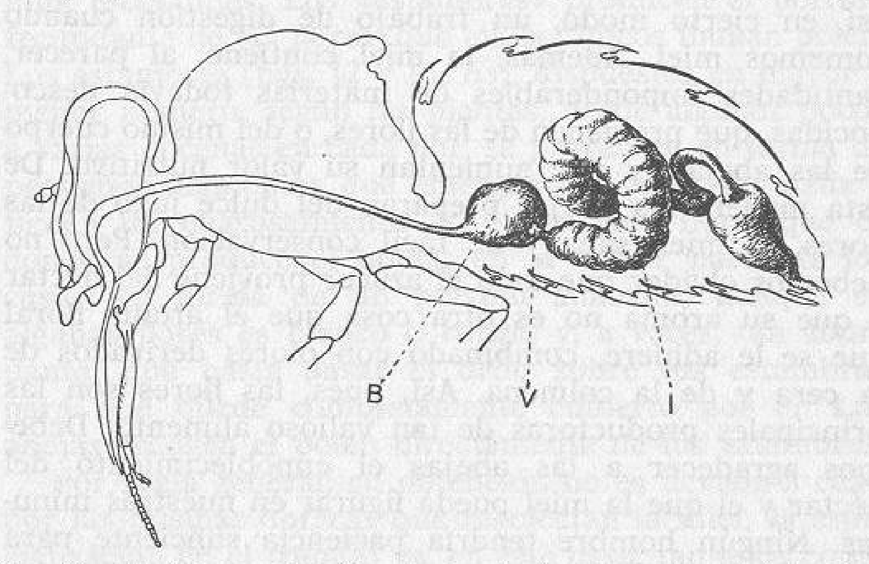


FIG. 14. El órgano digestivo de la abeja: *B*, buche; *I*, intestino medio; *V*, válvula entre el buche y la continuación del canal digestivo

gotita tras gotita de néctar. Cuando la abeja tiene hambre, abre un poquito la válvula (fig. 14 *V*) que enlaza el estómago social con el resto de conducto digestivo: tan sólo el alimento trasvasado en este acto es aprovechado para la nutrición del individuo. Pero la mayor parte de lo recolectado se entrega, al llegar a la colmena, para la alimentación de la comunidad.

Si decimos que las abejas recogen miel no nos expresamos de manera absolutamente correcta. Recogen néctar, y con él preparan la miel. El néctar recién recogido se distribuye, al llegar a la colmena, entre gran número de sus habitantes; éstos lo regurgitan repetidamente, en forma de gotitas diminutas, exponiéndolo al aire caliente de la colmena —con lo que sufre una concentración por pérdida de agua— para, finalmente, ser depositado en una celdilla abierta, donde se concentra más todavía. De este modo, en unos pocos días, el fluido néctar se transforma en densa miel. Al mismo tiempo se mezcla en él una secreción glandular de las abejas, que transforma parcialmente el azúcar a una forma más digerible, de manera análoga a lo que ocurre en nuestro estómago y ahorrándonos así, en cierto modo, un trabajo de digestión cuando comemos miel. Además, la miel contiene, al parecer, cantidades imponderables de materias todavía desconocidas, que provienen de las flores, o del mismo cuerpo de las abejas, y que aumentan su valor nutritivo. De esta manera las abejas preparan del dulce jugo de las flores, la miel, sana y de fácil conservación. Pero no debemos olvidar que todo el azúcar proviene del néctar y que su aroma no es otra cosa que el aroma floral que se le adhiere, combinado con olores derivados de la cera y de la colmena. Así, pues, las flores son las principales productoras de tan valioso alimento. Debemos agradecer a las abejas el ennoblecimiento del néctar y el que la miel pueda figurar en nuestras minutas. Ningún hombre tendría paciencia suficiente para recoger las pequeñísimas gotitas de néctar secretadas por las flores. Las gotitas de miel que una abeja aporta

a la colmena después de un vuelo de pecorea, no representan una gran cantidad; su estómago no es más grande que un alfiler —de cabeza gorda—, y debe llenarlo en las flores y vaciarlo en la colmena unas sesenta veces para reunir la miel que cabe en un dedal. Pero la gotita de miel que le ofrece cada flor es todavía más reducida, y nuestra diminuta recolectora tiene que visitar de 1 000 a 1 500 flores de trébol, para llenar una vez su estómago. Si, a pesar de todo, una colmena puede almacenar un kilogramo de miel en un día, cuando el tiempo es favorable, esto demuestra lo afanosamente que las obreritas se entregan al trabajo. El goloso que engulle una cucharadita de miel, como podría beberse una cucharada de leche, no imagina el inmenso trabajo de recolección que aquella miel representa.

El polen y los cestillos de las abejas

El polen es más fácil de ver, sobre las flores, que las gotitas de néctar, las cuales algunas veces se hallan muy escondidas. Los «estambres» producen el polvillo fecundante de las flores, que los botánicos llaman polen. Los estambres (figs. 12 y 13, *Es*), dispuestos en mayor o menor número, según las plantas, desde algunos pocos a varias docenas en cada flor, se proyectan en forma de pequeños filamentos que emergen del fondo del cáliz y tienen un engrosamiento en el extremo libre, que es donde se produce el polen; en la mayor parte de los casos, en forma de un polvillo amarillo; aunque en algunas flores es blanco o rojizo, y, a veces, tan abundante, que basta pasar el dedo sobre los estambres para que quede completamente cubierto por él. Las abejas recogen el polen directamente de los estambres.

Por regla general, su obtención no es llevada a cabo por las mismas obreras que recolectan la miel; la especialización en el trabajo va, en este caso, tan lejos como puede ir en una factoría moderna. Una cosa análoga ocurre en la ciudad de las abejas, en que los trabajos

se encuentran también muy repartidos, de manera que, de las obreras que salen a la pecorea, unas se ocupan solamente en la recolección del néctar, y otras en la del polen, dedicándose cada una, exclusivamente, a una de estas misiones. La recolección del polen no es cosa sencilla. El más hábil prestidigitador se sentiría impresionado al ver a las abejas llevar a cabo su trabajo.

El polen no lo engullen las obreras recolectoras, como ocurre con el néctar, sino que lo recogen formando masas esféricas, en unos cestillos que llevan en la cara externa de las patas posteriores, y, con tales bolitas sobre las patas, vuelven a la colmena (fig. 15). El proceso de la recolección del polen se realiza mediante una serie de movimientos increíblemente rápidos, que apenas es posible seguir con el ojo. Ha sido preciso aguzar la vista y el ingenio para llegar a saber cómo funciona artificio tan admirable.

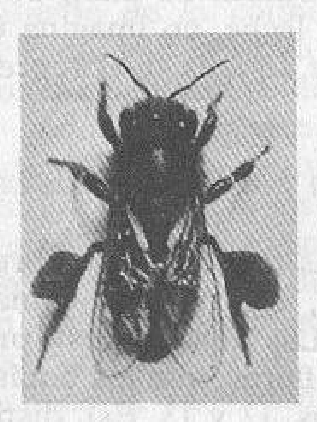


FIG. 15. Abeja de regreso a la colmena, con los cestillos llenos de polen. En las patitas posteriores se observan las bolitas de polvo floral. *(Fot. Dr. Leuenberger)*

Para realizar un buen trabajo, es indispensable disponer de excelentes herramientas, y las obreras están provistas de ellas. La figura 16 muestra cómo se implantan las patas sobre el cuerpo de la abeja. Cada pata consta, como en todos los insectos, de varios artejos o segmentos, enlazados unos con otros mediante articulaciones. A nosotros solamente nos interesarán los

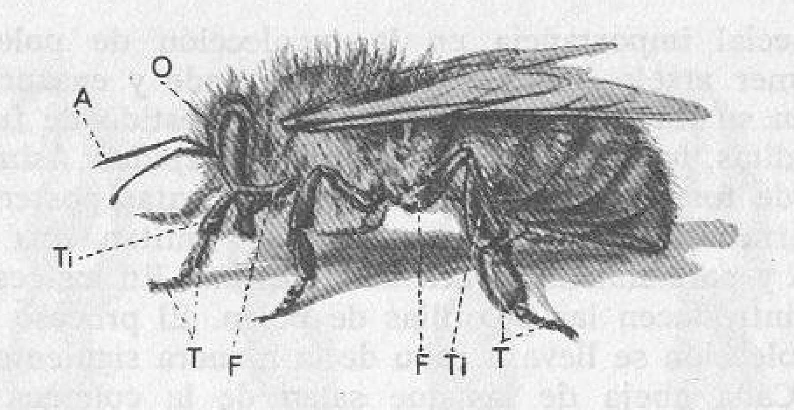


FIG. 16. Abeja obrera. *O*, ojo; *A*, antenas; *F*, fémur; *Ti*, tibia; *T*, tarso. (Aumentada 3 ½ veces)

artejos mayores, que son los llamados *fémur*, *tibia* y *tarso*; éste, a su vez, compuesto por varios artejos pequeños. En las patas posteriores (fig. 17), que tienen

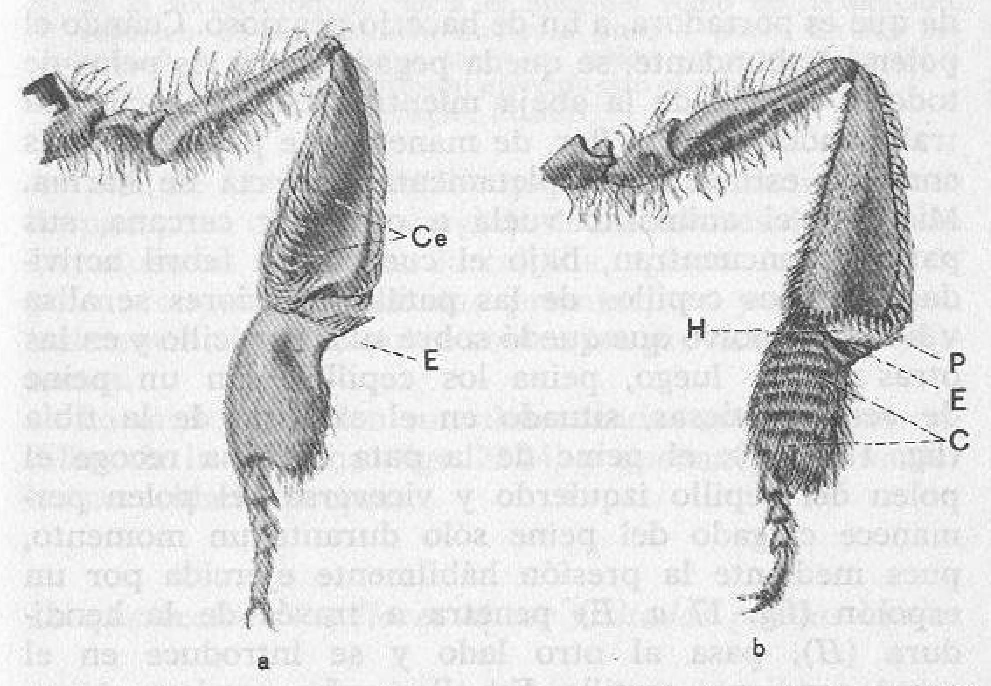


FIG. 17. Pata posterior de una obrera: *a*, vista desde fuera; *b*, vista desde dentro. El primer artejo del tarso se ensancha extraordinariamente y lleva en su interior los *cepillos* (*C*). Desde los cepillos se lleva el polen de una a otra pata, con el *peine* (*P*). Mediante presión ejercida con el espolón (*E*) el polen pasa por el hueco (*H*) al lado exterior de la tibia, hasta alcanzar el cestillo (*Ce*), una cavidad bordeada por pelos, en la que se acumula el polen para el transporte a la colmena

especial importancia en la recolección de polen, el primer artejo del tarso es muy grande y ensanchado, y en su interior, está densamente revestido de fuertes cerditas, formando los denominados *cepillos*. Asimismo es de forma especial la tibia de las patas posteriores, guarnecida con largos pelos, que limitan una zona lisa y parcialmente cóncava: el *cestillo*. En los cestillos se introducen las pelotillas de polen. El proceso de la recolección se lleva a cabo de la manera siguiente:

Cada abeja de las que salen de la colmena para recoger polen, toma primero, en su estómago social, una gotita de miel. Al llegar a las flores, se posa sobre los estambres: como puede verse muy bien en las grandes amapolas o en las rosas silvestres, cepilla con sus mandíbulas y sus patas anteriores el polen suelto que las cubre, humedeciéndolo al mismo tiempo con la miel de que es portadora, a fin de hacerlo pegajoso. Cuando el polen es abundante, se queda pegado entre los pelos de todo el cuerpo de la abeja mientras ésta se encuentra trabajando sobre la flor, de manera que parece a veces como si estuviera completamente cubierta de harina. Mientras el animalito vuela a otra flor cercana, sus patas se encuentran, bajo el cuerpo, en febril actividad. Con los cepillos de las patas posteriores se alisa y limpia el polvo que quedó sobre su cuerpecillo y en las otras patas; luego, peina los cepillos con un peine de cerditas tiesas, situado en el extremo de la tibia (fig. 17 *b*, *P*); el peine de la pata derecha recoge el polen del cepillo izquierdo y viceversa: el polen permanece colgado del peine sólo durante un momento, pues mediante la presión hábilmente ejercida por un espolón (fig. 17 *a*, *E*) penetra a través de la hendidura (*H*), pasa al otro lado y se introduce en el correspondiente cestillo. En ellos sufre presiones sucesivas; se van formando bolitas de tamaño creciente (fig. 18) hasta que, al final, los cestillos quedan completamente llenos. Las patitas intermedias ayudan a sujetar y a amasar las bolitas para que no se pierdan. De vuelta al hogar, la obrera se descarga de las bolas de polen

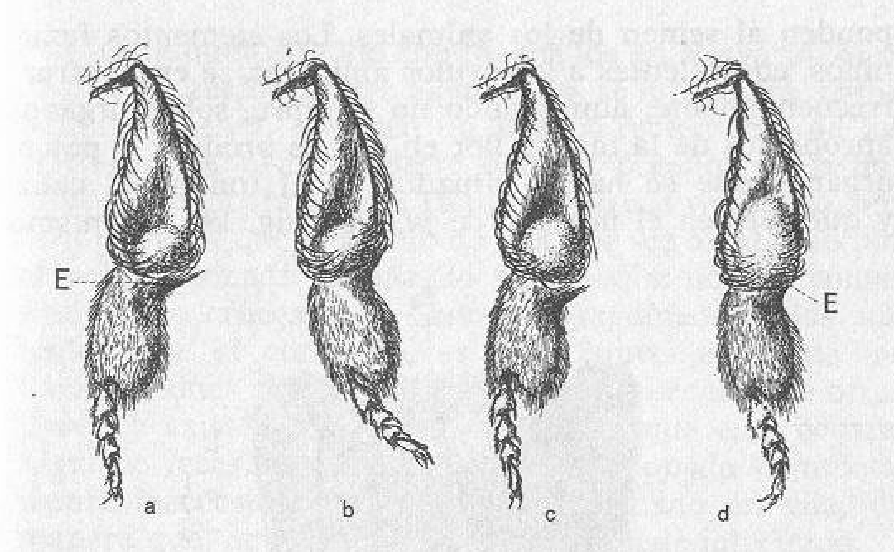


FIG. 18. Pata posterior de una recolectora de polen: *a*, al comienzo de la recolección; *d*, hacia el final del vuelo de recolección. El volumen de los cestillos aumenta poco a poco. En las posiciones *b* y *d*, una nueva carga de polen se empuja hacia el cestillo mediante presión ejercida con el espolón (*E*).
(Según Casteel)

en una de las celdillas de previsión. Inmediatamente después, una obrera encargada de las labores domésticas introduce su cabeza en la celdilla, aplasta las bolas de polen con sus mandíbulas prominentes y prensa con insistencia el nuevo polen contra las provisiones ya existentes.

La miel y el polen son almacenados en distintas celdillas de la colmena (figs. 22-24) y quedan para atender las necesidades propias.

Lo que reciben las flores al ser visitadas por las abejas

No debe tomarse demasiado a mal el que las abejas cojan la miel y el polen de las flores, porque, si bien es cierto que estas substancias son sus alimentos, también las flores reciben algún beneficio de tales visitas.

Los granos de polen son nada menos que los gérmenes masculinos de la floración de las plantas, que corres-

ponden al semen de los animales. Los elementos femeninos, equivalentes a los óvulos animales, se encuentran, frecuentemente, aun cuando no siempre, sobre órganos apropiados de la misma flor en que se produjo el polen, órganos que se hallan situados en el fondo del cáliz, y que reciben el nombre de *pistilos* (fig. 19). Lo mismo

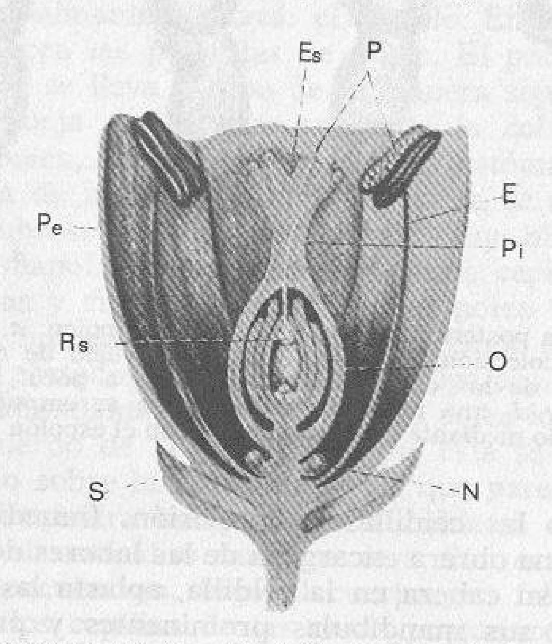


FIG. 19. Sección de una flor. *Rs*, rudimentos seminales; *O*, ovario; *Pi*, pistilo; *E*, estambres; *Es*, estigma; *P*, polen; *S*, sépalos; *Pe*, pétalos; *N*, néctar

que ocurre con los huevos de gallina, que sólo pueden formar el pollito si han sido fecundados por el gallo, los elementos femeninos de la flor contenidos en el ovario sólo podrán convertirse en semillas capaces de dar lugar a nuevas plantitas, mediante la fecundación, por su unión con el polen.

Para que la flor quede fecundada, debe llegar hasta el extremo grueso del órgano femenino, el llamado *estigma*, que rezuma un líquido pegajoso (fig. 19, *Es*), cierta cantidad de polen. El contenido del grano de polen, a través del llamado tubo polínico que resulta de su germinación, atraviesa la mayor parte del pistilo

(*Pi*) hasta que se reúne con los óvulos en el ovario. Si el pistilo no recibe polen alguno, no se producirá fruto. Ordinariamente, el polen no llega directamente de los estambres al pistilo, puesto que los órganos de la flor carecen de movimientos. Tampoco parece ventajoso, por otra parte, el que el pistilo de una flor sea alcanzado por el polen formado en ella, lo mismo que no son convenientes los cruces demasiado consanguíneos en los animales. Por el contrario, es muy conveniente que las fecundaciones se realicen con polen procedente de otras flores, y existen muchos medios para que esto ocurra. Algunas veces, el pistilo de una flor queda completamente inaccesible para el polen formado en ella, de manera que, de no recibirlo de otra, queda infecundo.

Cuando una pecoreadora que recoge polen va de adormidera en adormidera, o de rosa en rosa, transporta polen de unas flores a otras: cubierta de polen, como un molinero va cubierto de harina, roza con su cuerpecillo el pistilo de las flores y deja sobre él los granos de polen que sirven para fecundarlas. También las pecoreadoras que recogen miel rozan sobre los estambres y pistilos de unas flores y otras, cuando se introducen en los cálices en busca de la gotita de néctar que se encuentra en el fondo, actuando así de inconscientes cultivadores.

El ejemplo representado en la fotografía de la figura 20 explica, de manera más eficaz que lo que puede alcanzarse de palabra, el resultado que venimos exponiendo. En un peral se eligieron dos ramas en tiempo de la floración, procurando que tuvieran aproximadamente el mismo número de flores; una de estas ramas se cubrió totalmente con una gasa fina, de manera que quedó completamente inaccesible a la visita de las abejas. De las flores existentes en la rama accesible a las pecoreadoras se obtuvieron treinta y tres peras, mientras en la otra no se produjo fruta alguna.

También otros insectos actúan como vectores o transportadores de polen entre flores: en los días soleados de primavera puede verse revolotear en torno a



FIG. 20. Cómo influye la visita de las abejas sobre la producción de frutos: de dos ramas de peral, la de la derecha fue protegida contra las abejas durante la floración. En ella no se desarrolló ningún fruto, mientras en la otra rama se obtuvieron 33 peras. *(Según Zander)*

ellas un matizado enjambre de abejorros, escarabajos, mariposas y moscas. Pero de todo este pueblo volador, las abejas son las más eficaces en la misión de transporte de polen: tanto a causa de su elevado número y su gran celo recolector, como a la de sus favorabilísimas herramientas recolectoras que les permiten visitar gran número de flores no asequibles a otras clases de insectos. Si no existieran las abejas, se producirían muy pocos frutos, no sólo en árboles frutales, sino en el trébol, trigo sarraceno, legumbres, cohombros, arándanos, innumerables flores pratenses y gran número de plantas cultivadas.

Los frutos de hoy son las plantas de mañana. De las simientes crecen y se reproducen las nuevas generaciones, y las especies que producen pocas semillas acaban por desaparecer. Por eso segregan las flores néctar que atrae a las abejas: éstas lo toman para sí y, aunque sin desearlo, transportan y transmiten el polen de unas flores a otras. No realizan solamente un saqueo, sino que, al llevarlo a cabo, facilitan la fecundación de las plantas y la continuidad de las especies. Es un bello intercambio de servicios, tanto más maravilloso cuanto que ninguno de los agentes que lo ejecutan se da cuenta de lo que realiza.

4. LA CRIA DE LA ABEJA

El polluelo que sale de su cascarón es, en cierto modo, un ser que no ha alcanzado su desarrollo perfecto, pero es en todo similar a sus padres; que posee, como ellos, dos patitas y dos aloncillos, dos ojuelos y un pico, etc. Del huevo de la abeja sale un gusanillo blanco que no tiene la menor semejanza con la abeja madre: sin cabeza, sin ojos, sin alas y sin patas. Esto ocurre frecuentemente, sobre todo en el mundo de los insectos. Los gusanillos que con gran disgusto del alma de casa aparecen en los trozos olvidados de carne o de queso, no se parecen en nada a las moscas en que después han de transformarse, y, cuando somos niños no sabemos, ni podemos imaginarnos siquiera, que de las orugas salgan las mariposas, tan completamente diferentes de aquéllas.

Pero el que los polluelos salgan del huevo con sus alitas, mientras las abejas y otros insectos nazcan desprovistos de ellas y en forma de larvas semejantes a gusanos, obedece a poderosas razones. Los insectos no llevan huesos en su cuerpo: poseen, en cambio, una coraza dérmica que los envuelve. En las larvas es relativamente blanda, pero quien haya tenido en sus manos un escarabajo sabe lo duro que es este animalillo. Al crecer, cambian de piel de cuando en cuando, desprendiéndose de la vieja coraza y sustituyéndola en pocas horas por otra mayor. Una muda no es cosa sin transcendencia, pues el organismo vivo ha de salir incólume de la vieja envoltura. Las amplias alas planas de una abeja o de una mariposa ofrecen un inconveniente insuperable para la realización de este proceso. Por

esta causa, mientras dura el crecimiento, los insectos carecen de ellas o aparecen en su lugar pequeños muñones. Cuando la oruga de la abeja o de la mariposa ha llegado a su completo desarrollo, pasa a la forma de pupa o capullo. Esto es, simplemente, un estadio aparentemente de reposo, pero de enérgica actividad constructiva y de formación del interior, hasta que la ninfa rompe su camisa de fuerza y surge de ella el insecto perfecto dotado de alas. Este insecto ya no crece ni necesita volver a cambiar de piel. Es un error muy difundido, el suponer que un escarabajo pequeño es un escarabajo joven. Un escarabajo joven es un gusanillo amarillento o una cresa blanca.

Sin embargo, conviene que nos ciñamos ahora al caso de nuestras abejas: si buscamos en tiempo oportuno a la reina en una colmena de observación, la encontraremos, por regla general, ocupada en recorrer el panal de manera pausada, casi mayestática, depositando en él huevecillos. Una reina capaz puede realizar durante la primavera una puesta de 1 500 huevos diarios: es decir, puede poner un huevo por minuto, aproximadamente, por término medio, durante las veinticuatro horas del día. En realidad, no efectúa la puesta de manera continuada, sino con pausas; pero, en los tiempos intermedios, ésta se realiza con más rapidez. Sin embargo, no puede decirse que los huevecillos sean muy pequeños. La puesta de un día equivale, en peso, al del cuerpo de la reina. De esto se deduce, inmediatamente, que ésta no puede dedicarse a ninguna otra actividad.

La puesta de los huevos se realiza del modo siguiente: primeramente, introduce la reina su cabeza en la celdilla para cerciorarse de que está vacía y de que es apropiada para recibir el huevo (fig. 21 *a*). Si así ocurre, introduce en ella el abdomen y permanece en reposo durante unos segundos: cuando la reina se separa de la celdilla, puede verse, en el fondo de ésta, un huevecillo de forma alargada (fig. 21 *b*). La reina se en-

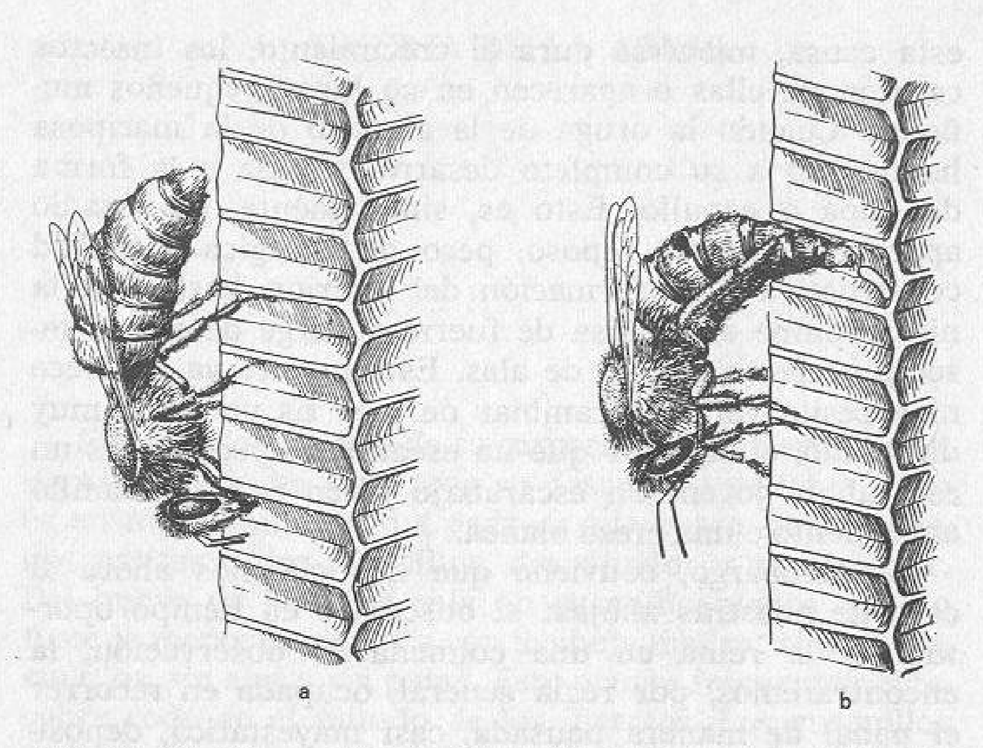


FIG. 21. La reina poniendo. En *a*, inspecciona una celdilla para ver si se halla en condiciones de recibir el huevecillo; en *b*, acaba de desovar en el fondo de la celdilla y está a punto de retirar el abdomen

cuentra ya buscando otra celdilla en que poner el siguiente huevo.

No debemos suponer que, para cumplir esta misión recorre de manera irregular todos los panales y va depositando huevecillos acá y allá, sin orden ni concierto. Esto sería desastroso para el apicultor, quien se vería obligado a aniquilar parte de la cría con cada panal de miel que tomase de la colmena, y para el comprador de la miel, quien encontraría mezclados en ella los cuerpos de las larvas. Por el contrario, en la puesta existe una ordenación perfectamente determinada, puesto que la reina sólo utiliza para realizarla los panales primeros y medios de la colmena, y sólo la efectúa en la porción central de estos panales, dejando la periferia. Así se produce el denominado *nido de cría*, que en una colonia en rápido crecimiento, abarca aproximadamente lo representado esquemáticamente en la fi-

gura 22. Las celdillas señaladas en negro contienen los huevecillos y las larvas de las abejas. Si levantamos uno de los panales lo encontraremos ocupado, en sus partes media e inferior, por la cría (figs. 23 y 24). En las celdas vecinas las obreras almacenan polen, de manera que las celdillas que contienen la cría se encuen-

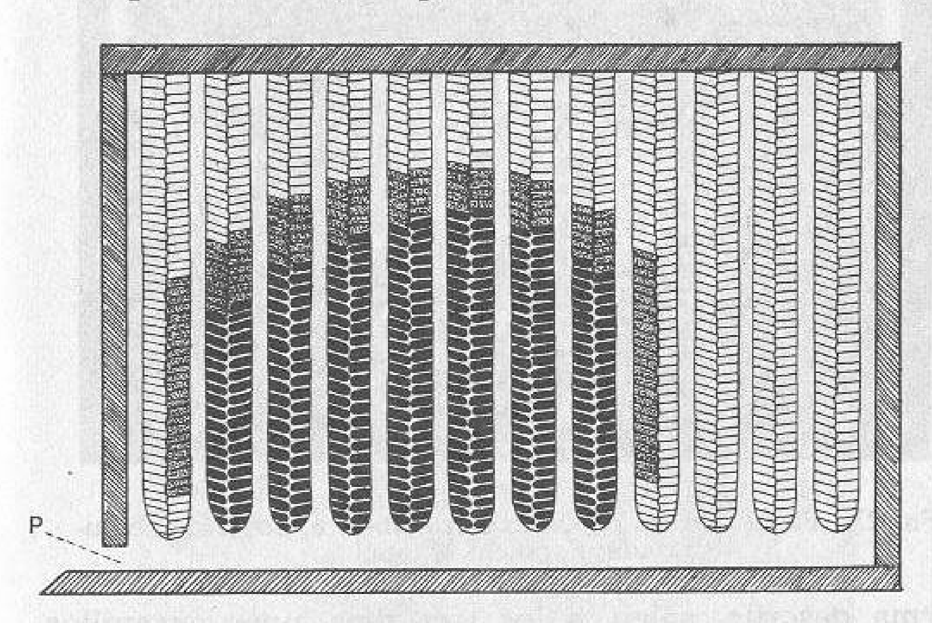


FIG. 22. Sección longitudinal de una colmena con panales, en la que puede verse la disposición y extensión del nido de cría. En negro las celdillas que contienen cría; punteadas las que contienen polen; blancas las de depósito de miel. *P*, piquera

tran, ordinariamente, rodeadas por una corona de celdillas llenas de polen (en la figura 22, punteadas; en las 23 y 24 las marcadas con la letra *P*). La parte marginal de los panales, así como los panales enteros, que se hallan delante y detrás, y en algunos casos, encima del nido de cría sirven para almacenar miel, (celdas blancas en figura 22). Éstos son los que el colmenero o apicultor puede sacar de la colmena. Sin embargo, no debe tomar todos los panales de esta clase, pues bien tiene que ser previsor, y pensar que la colonia necesita algunos para su propio sostenimiento, no quitando más que los que constituyan un exceso.

De los huevecillos depositados en las celdas en la

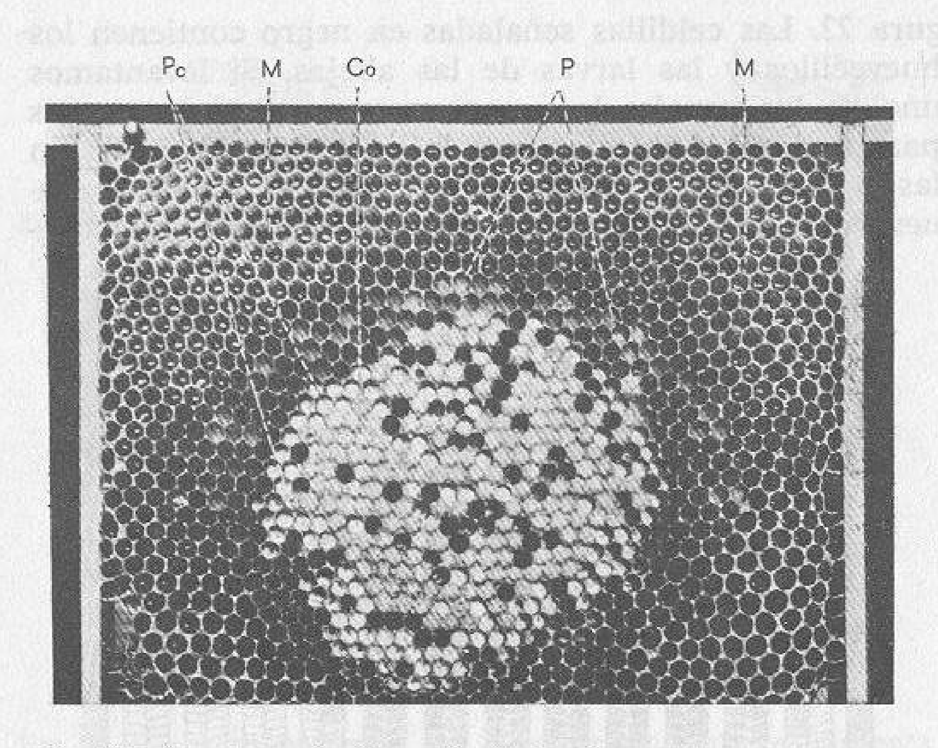


FIG. 23. Panal de cría. *Pc*, pollo o cría abierta; *Co*, cría operculada; *P*, polen; *M*, miel

forma descrita, salen, a los tres días, unos gusanillos blancos o cresas (fig. 25); éstos permanecen en la celdilla y son alimentados por las obreras, mostrando tal apetito que realizan su crecimiento completo en sólo seis días. La figura 25 representa, a la misma escala, un huevo recién puesto y una larva de seis días. Su peso aumenta en dicho tiempo hasta alcanzar más de quinientas veces el inicial. Reducido esto a la escala humana, sería algo así como si un recién nacido alcanzara, a los seis días de vida, un peso de tonelada y media. Sigue el tercer estadio o etapa de la metamorfosis, que es de reposo, y durante el cual la larva se convierte en abeja. Al iniciarse este período, las obreras cierran la celdilla con una delgadísima cubierta abovedada de cera, y, al mismo tiempo, como si quisiera dar a entender que desea la dejen tranquila durante cierto tiempo, la larva, detrás del *opérculo* de cera, hila un denso tejido, que corresponde al capullo que preparan las orugas de muchas

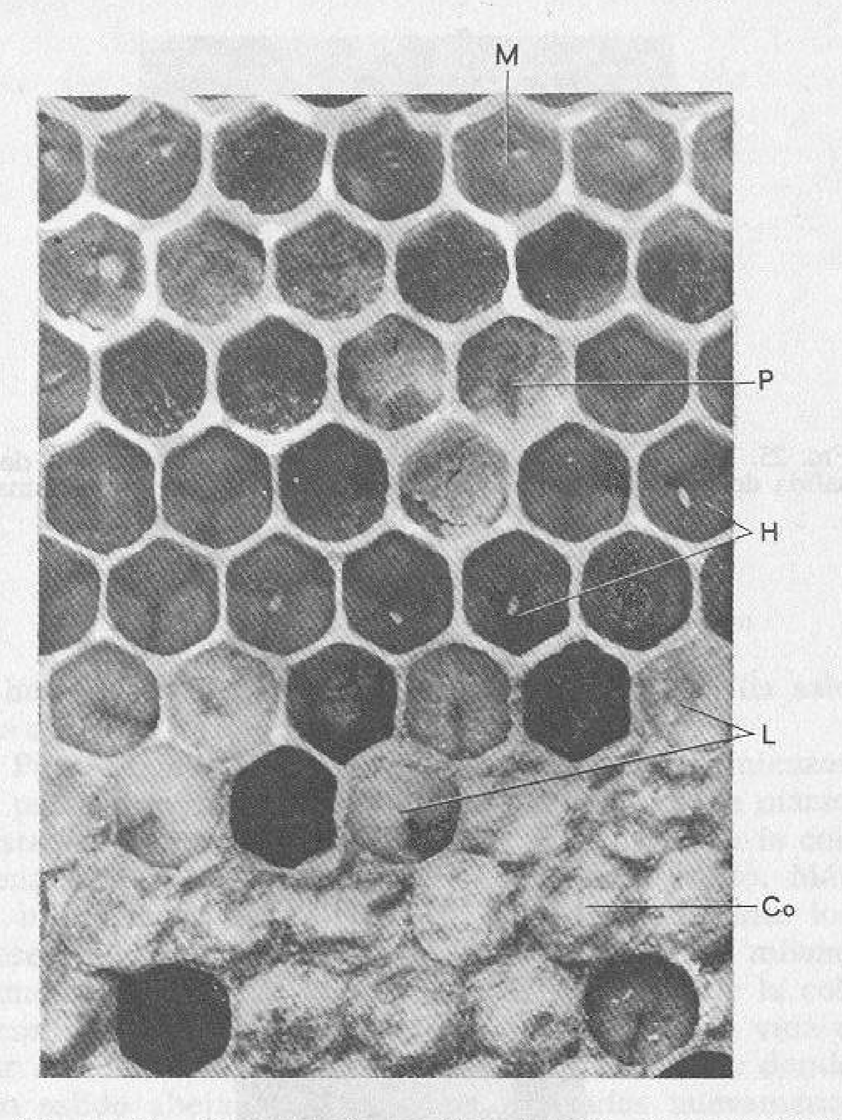


FIG. 24. Detalle del borde de un nido de cría. *H*, huevecillos; *L*, larvas; *Co*, cría operculada; *P*, polen; *M*, miel.
(Fot. E. Schuhmacher)

mariposas al formar la crisálida. Este período es denominado por los apicultores de *cría operculada*, en oposición a los anteriores, que reciben el nombre de *cría abierta* (fig. 23). En las celdas cerradas permanecen las *ninfas* de abeja doce días, a partir de la iniciación de este período (fig. 26). A las tres semanas de depositado

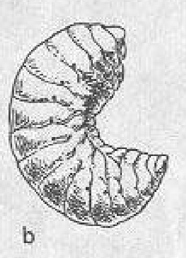


FIG. 25. *a*, Huevo de abeja; *b*, larva de seis días depués de la salida del huevo. Ambas figuras aumentadas al doble del tamaño natural



FIG. 26. Una celda operculada, cortada longitudinalmente para ver la ninfa en ella encerrada. *(Fot. S. Schuhmacher)*

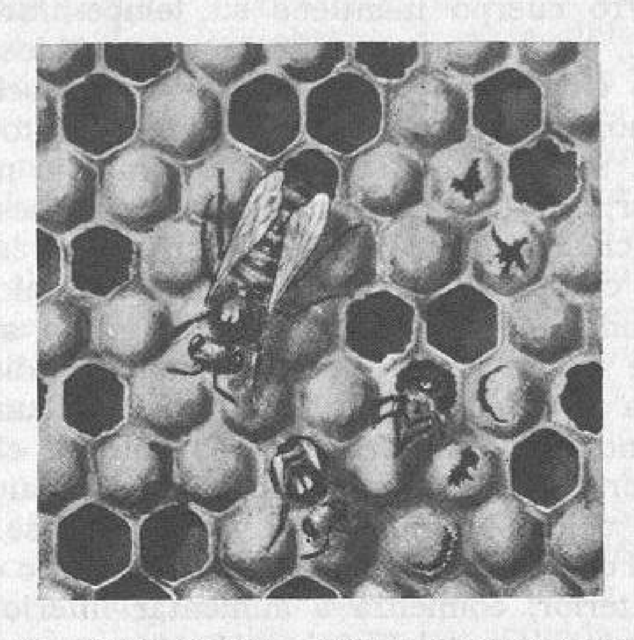


Fig. 27. Abejas abandonando las celdas de pupación

el huevecillo, se rompe la cubierta, y de la celdilla sale una abeja en forma de insecto perfecto.

Puesto que la reina realiza la puesta desde comienzos de primavera hasta el otoño, desde principios de marzo hasta entrado octubre, se encontrará siempre en la colmena cría en todos los períodos de desarrollo. Más de mil jóvenes obreras salen diariamente durante los meses de verano de los panales de cría, y el mismo número de abejas viejas desaparece cada día de la colmena por haber llegado al límite natural de su vida o por accidentes diversos. Las celdillas de cría de donde han salido abejas perfectas son utilizadas nuevamente por la reina para depositar en ellas nuevos huevecillos.

Los cuidados proporcionados por las obreras a la cría no se limitan a los seis días de crecimiento de la larva, en que es preciso alimentar a ésta. Desde la puesta del huevo a la salida de la abeja, el pollo o cría necesita para su desarrollo normal una temperatura determinada, comprendida entre los 35º y 36º C, temperatura que debe mantenerse de manera exacta. Pero la aclaración del significado de este hecho requiere una explicación aparte.

Nuestro cuerpo mantiene su temperatura normal, de 37° C, a la que se encuentran apropiados todos los procesos vitales, sin variar apenas, día y noche, verano e invierno, haga frío o calor. El mantenimiento de la temperatura se realiza gracias a un complejo mecanismo regulador, que actúa sin que intervenga nuestra voluntad, e incluso sin que nos demos cuenta. Si la temperatura del cuerpo se eleva por encima del valor normal, aun cuando sólo sea una fracción de grado, aumenta el aflujo de sangre hacia la piel, de donde se disipa el calor hacia el exterior (esto explica la rubicundez de la piel cuando se está acalorado), disminuye el calor en el interior del cuerpo, y comenzamos a sudar: el sudor consume calor al vaporizarse, y el cuerpo se refrigera. Si, por el contrario, la temperatura del cuerpo disminuye en el exterior, comienza a aumentar interiormente el calor producido por la combustión de grasas y azúcares que son los materiales combustibles de nuestro organismo; se produce más calor. Cuando comienza a temblar todo nuestro cuerpo, sólo se trata de un movimiento muscular inconsciente con vista a la producción de calor.

Esta capacidad para regular la temperatura la poseen, con el hombre, los mamíferos y las aves. Un lagarto conserva gran vivacidad cuando se calienta al sol, pero el fresco del atardecer hace que descienda la temperatura de su sangre, mostrándose perezoso y soñoliento. También los insectos son animales de *temperatura variable*, que sufren la influencia de los cambios extremos de la temperatura exterior. Esto, que se refiere a mariposas, escarabajos y moscas, es válido también para las abejas, que en sus vuelos de pecorea —dependientes entonces de su capacidad individual— no pueden dominar el enfriamiento del ambiente circundante, y quedan rígidas e inmóviles cuando las sorprende el atardecer y la temperatura desciende unos 8 o 10° C.

Por esto resulta tanto más extraordinario el mantenimiento de la cámara de cría de la colmena a una

temperatura regular y constante de 35° C. En ella se cuentan por millares las obreras, y es sensible el calor que engendran. En tiempo frío, las obreras se reúnen y agrupan en gran densidad sobre los panales de cría, cubren con sus cuerpecillos las celdas y forman un almohadillado que evita la pérdida de calor. En los días calurosos sus aglomeraciones se disuelven y espacian, y si a pesar de ello la temperatura sube, traen agua —pues no pueden sudar—, la extienden en delgada película sobre el panal y provocan su evaporación agitando sus alas. Entonces aparecen repartidas sobre los panales como si fueran pequeños ventiladores vivos y provocan una corriente de aire de manera ordenada, que hace salir por la piquera al recalentado. Son condiciones necesarias para tan admirable regulación un sentido térmico muy superior al nuestro y una coordinación muy bien conseguida entre las actividades de los distintos individuos.

Venimos hablando, hasta ahora, de la cría o pollo y no hemos prestado aún atención al hecho de que el pueblo de las abejas esté formado por tres clases de individuos: reina, obreras y zánganos, y que, todos ellos, deben salir de los panales de cría. Los tiempos señalados anteriormente para las diversas etapas de la cría se refieren solamente a las obreras. La reina precisa aproximadamente cinco días menos. Los zánganos unos tres días más, para que se desarrolle el huevo y aparezca el insecto perfecto.

Depende de los cuidados prestados a la larva por las nodrizas que de un huevo salga una reina o una obrera. Crían a las obreras en celdas normales y estrechas; las destinadas a ser reinas se desarrollarán en celdas mucho más amplias, las «realeras» (fig. 28); entre los apicultores, la reina recibe el nombre de «abeja maestra» o «abeja madre». Lo primordial para el futuro de la larva en período de crecimiento es la alimentación. Las larvas obreras reciben en sus primeros días de existencia un jugo nutritivo, la segregación altamente alimenticia de la parótida transformada, que en

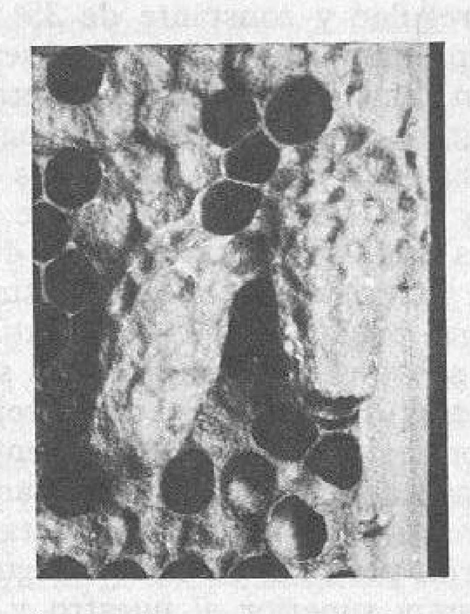


FIG. 28 Porción de panal con dos realeras, en cada una de las cuales se encuentra alojada una larva de reina

este caso hace la misma función que las glándulas lactarias (mamarias) en los mamíferos. En fases posteriores soportan una alimentación más fuerte, abasteciéndose de polen y miel. La larva que será reina sólo se alimenta de jugo nutritivo, que se le va facilitando en mayor cantidad que a las demás larvas. Pero no es la «cantidad» de alimento la que decide si la larva será obrera o reina, sino, exclusivamente, una determinada secreción glandular, que la nodriza añade en mínimas cantidades sólo al jugo nutritivo de las reinas. Nos encantaría conocer la naturaleza química de esa substancia mágica. Pero no nos basta para ello con una pequeña gota de jugo nutritivo. Ahora bien, el apicultor sí distingue los medios gracias a los cuales una colmena construye simultáneamente 50 realeras y les suministra jugo nutritivo. Ante una cría masiva de reinas, podemos extraer de una colmena aproximadamente 25 gramos de jugo nutritivo destinado al consumo regio. De 5 kilogramos de esta valiosa substancia podremos sacar aproximadamente 5 miligramos de la secreción, en forma pura y concentrada. Con ello podríamos criar

artificialmente jóvenes larvas —prescindiendo totalmente de las nodrizas— y sería factible obtener, según nuestro deseo, reinas u obreras, incorporando o no una cantidad mínima de secreción. Su composición química dista de haberse esclarecido, si bien se espera que pueda determinarse muy pronto.

Las reinas tienen una vida de 4 a 5 años, mientras que las obreras viven unas semanas, como mucho unos meses. Ello ha inducido a que muchas personas crean que ingiriendo el jugo nutritivo extraído de las realeras podrían alargar su propia vida. Existen en el mercado productos conocidos como jugo nutritivo de las reinas (jalea real), que, por supuesto, representa una buena fuente de ingresos para fabricantes y comerciantes. Todavía queda por ver el provecho para el consumidor.

En cambio, el que de una celdilla salga una abeja hembra, perfecta o imperfecta, es decir, reina u obrera, o que salga un insecto macho, o zángano, es asunto que decide la reina en el momento de depositar el huevo. Esta capacidad se funda en lo siguiente: una reina alcanza los cuatro o cinco años de edad, pero solamente una vez —en su juventud— se aparea en el llamado «vuelo nupcial». A partir de este momento, encierra en su abdomen, en una bolsita muy bien resguardada, el elemento fecundante: esta vejiguilla se encuentra enlazada, mediante un estrecho canal, con el *oviducto* o conducto por donde salen los huevecillos (fig. 29). Cuando pasa un huevo, por medio de un dispositivo de la más elevada precisión la reina deja salir algunos espermatozoides con lo que el huevo queda fecundado. Si no se realiza esta operación, el huevo es puesto sin ser fecundado. De los huevecillos no fecundados nacen los machos; y de los fecundados, hembras (reinas u obreras). Esta curiosa forma de determinar el sexo también existe en algunos otros insectos. Sólo en casos excepcionales, de apareamiento consanguíneo, el huevo fecundado se puede convertir en zángano. Durante mucho tiempo estuvimos ignorando ese hecho, hasta que nos

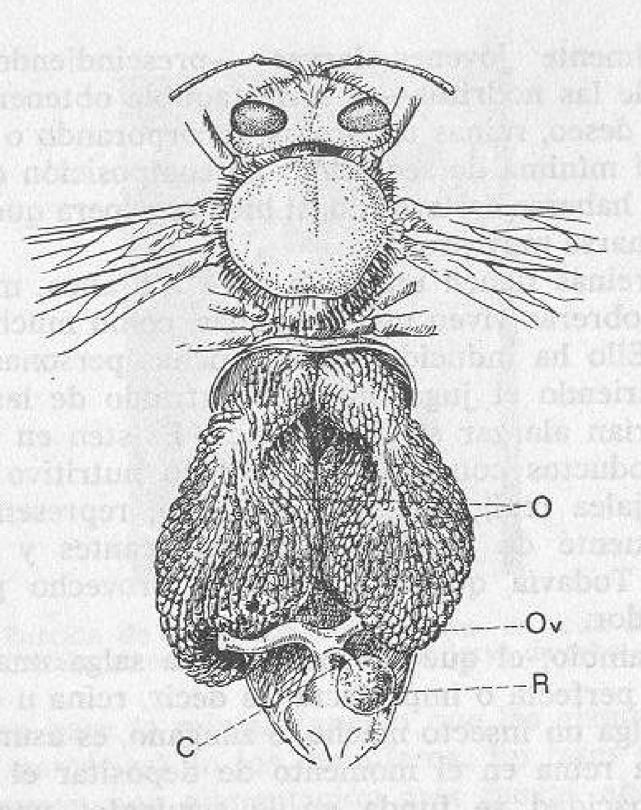


FIG. 29. Abeja reina. Abdomen abierto por arriba y ovarios separados hacia los lados. *O*, ovarios; *Ov*, oviducto (conducto de salida de los huevecillos); *R*, receptáculo seminal; *C*, conducto de salida del receptáculo

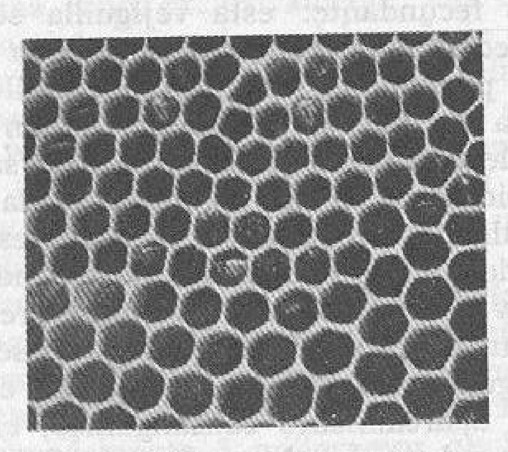


FIG. 30. Parte de un panal: arriba, celdillas para la cría de obreras; abajo, celdas grandes para los zánganos. *(Fot. Dr. Rösch)*

dimos cuenta de que las obreras reconocen a las larvas que erróneamente se desarrollan en machos, y se las comen inmediatamente.

Si bien debemos atribuir a la reina la producción o no de zánganos, al poner huevos no fecundados, para la cría de las larvas de mayor tamaño de los zánganos deben existir celdas más espaciosas, que por lo demás son idénticas a las otras celdas de cría y provisiones (fig. 30). Es preciso, por lo tanto, que las obreras preparen de antemano las celdillas especiales para la cría de zánganos en las que la reina ha de depositar sus huevos fecundados; así, pues, también en este aspecto de la vida de la colmena, las obreras son los elementos rectores y la reina un simple instrumento ejecutivo.

5. LA ENJAMBRAZON

La primavera, la estación de las flores y de mayor producción de alimentos, es también el tiempo de la mayor actividad de la cría. El apresuramiento de la reina en la puesta y el rápido desarrollo de las larvas conducen a un considerable aumento del número de abejas, y, con ello, a una elevación de la potencia y prosperidad de la colonia: pero esto no se refleja de manera inmediata en un aumento del número de colonias, porque cada una de ellas constituye, con su reina, una ciudad cerrada, y su cría sólo conduce al aumento del número de sus ciudadanos.

También el número de colonias debe multiplicarse. No es accidente raro el que alguna de ellas desaparezca a causa de epidemias de hambre después de un verano desfavorable o de cualquier otra clase de accidentes desgraciados, y, si no fueran produciéndose nuevas colonias, llegaría un momento en que desaparecerían las abejas.

Una nueva colonia exige una nueva reina, y solamente cuando ésta exista puede formarse otra población, fenómeno que se realiza mediante la denominada *enjambrazón*.

La preparación del proceso ocurre silenciosamente. En el mes de mayo, lo más tarde, preparan las obreras algunas realeras y cuidan en ellas a las larvas de manera conveniente para la aparición de nuevas reinas, proporcionándoles cebo adecuado. *Una* reina es, ordinariamente, suficiente: pero se crían varias para estar aseguradas contra cualquier accidente; no es ninguna dificultad para las abejas suprimir un par de

reinas sobrantes, mientras les resultaría imposible proporcionarse una en una necesidad momentánea. La naturaleza carece de sentimentalismo. Así, son criadas media docena, o más, de reinas, de las que la mayor parte están condenadas a muerte de antemano.

Aproximadamente una semana antes de que la joven reina salga de su celda, se produce la enjambrazón. La iniciativa parece de nuevo que corresponde a las obreras. Desde unos días antes de que esto ocurra, la actividad semeja decrecer en el interior de la colmena. Si se trata de una colonia fuerte y numerosa, se reúnen las obreras en grandes grupos ante la piquera o entrada de la vivienda: agrupan algunos machos, y, como obedeciendo a una decisión tomada en común, se introducen en la colmena, caen sobre los panales, y llenan de miel sus estómagos sociales. No todas las obreras se comportan así: sólo la mitad de la población, aproximadamente, se entrega a tales preparativos. Las que han tomado parte en ellos, bien provistas para el camino, salen tumultuosamente y emprenden un viaje hacia lo desconocido, huyendo por la piquera y formando un confuso torbellino, una verdadera nube de abejas, que se eleva en el aire poco a poco. Con ellas, abandona el hogar la vieja reina.

Primeramente, no se alejan mucho del hogar, y ahora es la reina la que guía. Si ésta se detiene en una rama de árbol o en cualquier otro elemento saliente, allí se detienen todas las obreras presumiblemente atraídas por el olor de la reina (fig. 31) y se amontonan en un denso racimo alrededor de la soberana (fig. 32). Éste es el momento en que el vigilante apicultor, puede, con poco esfuerzo, llevar el enjambre a una colmena vacía y asegurarse su posesión. Si deja pasar este momento, el enjambre se habrá perdido para él con toda seguridad, pues mientras cuelga de la rama hay muchas abejas que actúan de exploradoras y se dedican afanosamente al trabajo de buscar alojamiento. Estas abejas emplean quizás algunos días buscando en todos sentidos, para tener referencia de dónde puede existir un árbol hueco,

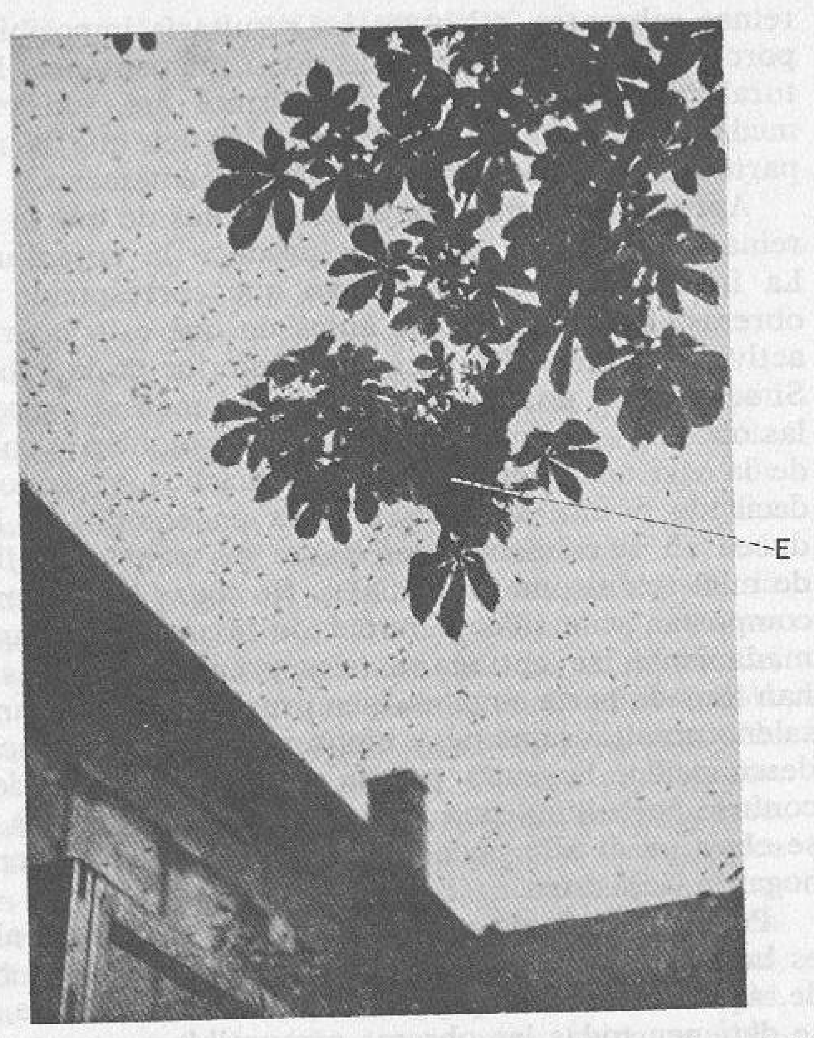


FIG. 31. Un enjambre se reúne sobre una rama de castaño, alrededor de su reina. *E*, punto en que se concentra el enjambre. *(Fot. Dr. Rösch)*

o una caja vacía, aun cuando sea a distancia realmente considerable. Las exploradoras movilizan el enjambre y hacen que abandonen su lugar de descanso; el racimo de abejas se disuelve y sigue como una nube a las exploradoras hacia el nuevo hogar y esto a veces en el instante mismo que el colmenero ha terminado sus preparativos de captura.

En su antigua colmena las abejas están sin reina.



FIG. 32. El enjambre se ha reunido sobre la rama, en derredor de su reina, y forma el racimo de abejas. *(Fot. Dr. Rösch)*

Pero al cabo de unos días sale la primera joven reina de su celda. Escapa virgen de su celda, por lo que debe unirse al macho antes de comenzar la puesta de huevecillos. Por supuesto, hay suficientes zánganos en la colmena, pero dentro de ella no se interesan en absoluto el uno por el otro. Este comportamiento es válido, ya que el apareamiento consanguíneo resultaría perjudicial. Una semana después de abandonar la celda de cría, incluso más tarde si reina mal tiempo, la reina emprende su *vuelo nupcial* y se aparea en vuelo con el zángano, proceso que puede repetir con otros.

Fue siempre sueño inalcanzable del apicultor y del científico poder observar el apareamiento, hasta que uno de ellos tuvo la feliz idea de hacer volar a la reina en su vuelo nupcial atada a un hilo de nilón. Al cabo de unos minutos aparecía un grupo de zánganos volando (fig. 33 *a*), a veces docenas o cientos si no eran molesta-

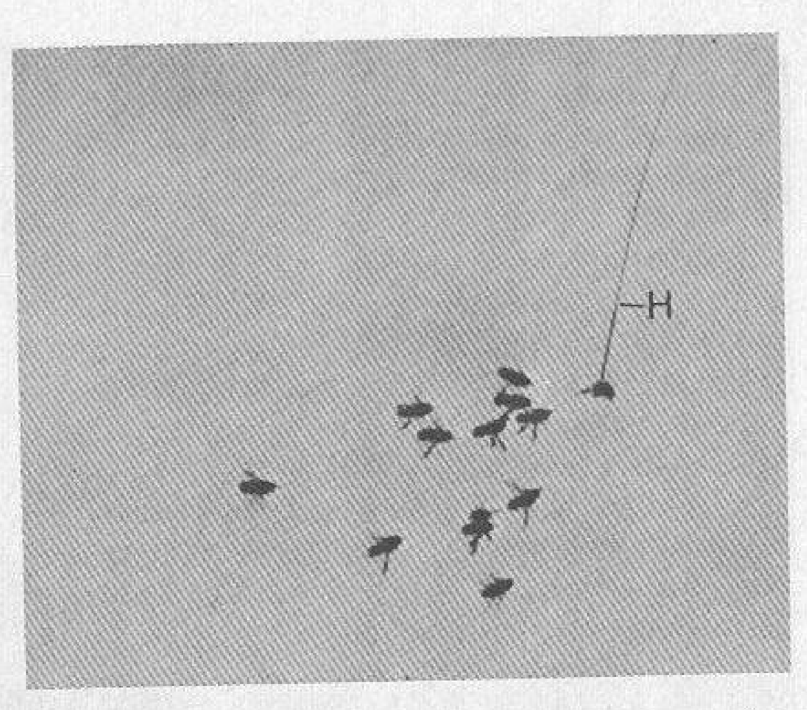


FIG. 33 a. Zánganos volando hacia una reina que está sujetada por el hilo H. El zángano en el extremo izquierdo se ve por el dorso, ya que está efectuando un viraje cerrado.
(Fot. Norman E. Gary)

dos por el hilo, y la boda se consumaba delante del observador. La atracción que ejerce la reina no sólo se debe a su figura, que contrasta con el cielo diáfano, sino principalmente al olor que desprende su glándula mandibular. De la misma forma los zánganos se echan sobre un trozo de algodón impregnado con idéntico perfume, elevado por medio de un globo. En la figura 33 *b* vuelan hacia la jaula, donde está esperando la reina.

En estos experimentos los zánganos vuelan a determinados lugares con rapidez y regularidad. A otros muy raramente o nunca. No se hallan en cualquier sitio; tienen sus lugares de reunión al aire libre, determinadas áreas de un radio de 50-200 m, a menudo apartados de su colmena de unos 1-4 km. Cada año, en el mismo lugar, esperan la llegada de las reinas, y es allí donde ellas saben encontrarlos. El lugar de los zánganos viene determinado por un factor hereditario. No se trata de un caso

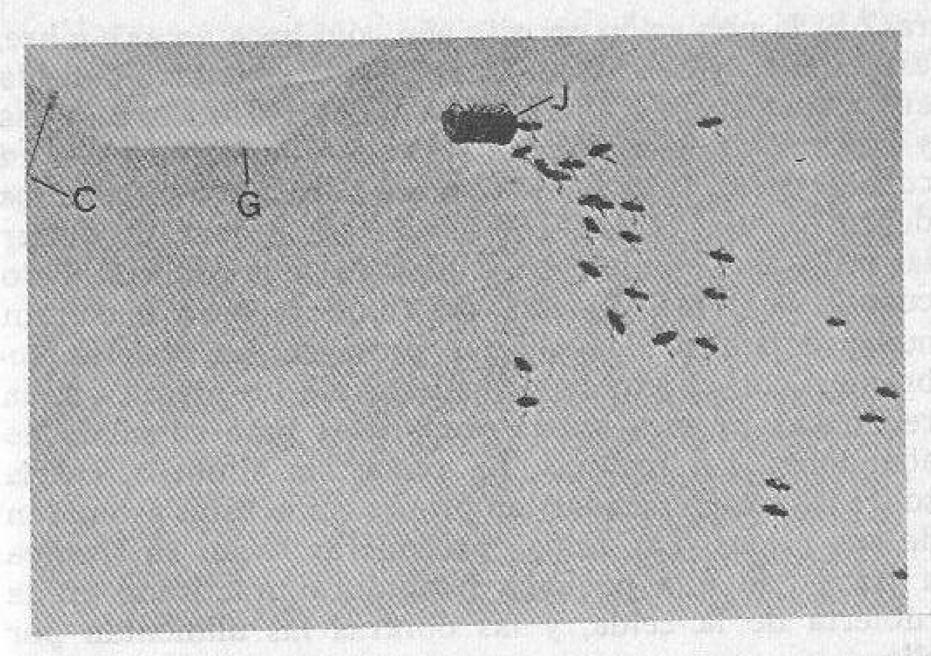


FIG. 33 b. Los zánganos se acercan a una reina en la jaula J; la jaula cuelga de un pequeño globo cautivo G (visible sólo parcialmente) que flota a unos 10 m. del suelo. C, cuerda del globo. Fotografiado a una distancia mayor que la figura a. *(Según F. Ruttner)*

único. También otros muchos animales recorren largas distancias en las épocas de celo, para encontrarse con su pareja en determinados sitios conocidos de anteriores experiencias. Es probable que para las abejas haya ciertas características del terreno que influyan en estos lugares de cita con el zángano, aunque no conocemos nada cierto al respecto. Pastores y otras gentes del campo conocen estos lugares, ya que anualmente, en fechas determinadas, se puede oír incluso desde el suelo el zumbido de los zánganos merodeando.

La reina puede repetir su vuelo nupcial en los días subsiguientes. Una vez realizados, se convierte en la abeja madre ejemplar, que no vuelve a abandonar el hogar, a no ser que al año siguiente sea destronada por una nueva reina y tenga que salir por la piquera con un nuevo enjambre.

¿Y qué ha sido de las restantes reinas en sus reale-

ras? Si la población en este año sólo hace *un* enjambre, estas reinas ya no viven. La reina que abandonó la celda en primer lugar ha destruido todas las otras realeras y asesinado personalmente a sus hermanas, sin tener en consideración si ya habían nacido o si eran aún capullos dentro de sus celdas. Las obreras se ocupan de quitar las realeras y eliminar los cadáveres de la colmena. Pero cuando la población está de «humor» para hacer un nuevo enjambre, las obreras protegen las realeras sobrantes, con objeto de defenderlas de los ataques de la reina. Las jóvenes reinas preparadas para su salida no abandonan las realeras. La reina, sin titubeos, caería sobre las recién nacidas tan pronto como éstas asomaran de sus celdas. Las reinas prisioneras sacan su trompa a través de una pequeña hendidura practicada en la cubierta de la celda, y las obreras las alimentan por ella.

Un dúo especial resuena en la colmena. La reina libre lanza un «tuut» y también las encerradas hacen sonidos parecidos, que desde dentro de su prisión se oye como un «cuac» repetido. Los apicultores dicen que este segundo grito es a manera de pregunta, que se repite mientras se reciben los guerreros «tuut» como contestación, y que, mientras tanto, la preguntante se abstiene de salir, permaneciendo bajo la protección de la celda. Las abejas no «oyen» como nosotros y no pueden distinguir, por tanto, el «tuut» del «cuac». Debido a su extremada sensibilidad táctil pueden, pero, apreciar cualquier tipo de sonido; si provocamos tonos artificialmente podremos mantener una conversación a modo de pregunta y respuesta con una abeja. Quizá la salida de las reinas jóvenes se retrasa por la percepción del olor de su hermana mayor y no por los sonidos que ésta produce. Pero lo cierto es que las jóvenes reinas encerradas conocen perfectamente si su rival ha salido de la colmena con un enjambre. En tal caso se atreven a salir de sus respectivas celdas. Una de ellas queda como madre o maestra de la colmena; las demás son sacrificadas.

Algunas veces, se dispersan todavía más enjambres, y por tanto más reinas van tomando posesión de sus derechos. Por otra parte, cuando el tiempo es desfavorable, o reinan malas condiciones alimentarias, puede quedar suprimida la enjambrazón.

6. LA BATALLA DE LOS ZANGANOS

Antes de construir las primeras realeras se han ocupado las obreras en construir celdas para zánganos, de las que al principio de mayo comienzan a salir los primeros machos.

«*Hambrones, gordos, perezosos y torpes*», según las calificaciones de Wilhelm Busch, no se ocupan en buscar alimentos, misión para la que no se encuentran convenientemente dotados por la naturaleza: la mayor parte son tan comodones que no se molestan en tomar su alimento de los depósitos comunes y se dejan alimentar por las obreras. Su cerebro es más pequeño que el de éstas y el de la reina; en este caso no cabe ninguna duda acerca de la inferioridad psíquica del sexo masculino. La única razón de existir de los zánganos es la fecundación de la reina. Cada reina se parea únicamente con un zángano; a pesar de ello en la colmena se producen algunos cientos, de los que casi ninguno cumple los fines para que nació.

Con un despilfarro que no es raro en ella la naturaleza los hace aparecer con verdadera prodigalidad y luego los elimina.

La fecundación de la reina se realiza al aire libre, y así los zánganos salen de la colmena en los días bellos y soleados en busca de alguna reina a quien perseguir en vuelo nupcial. Es muy frecuente que no encuentren de nuevo su hogar y se introduzcan en las colmenas cercanas, donde son admitidos gustosamente como huéspedes, mientras dura la época de la formación de enjambres.

Pero cuando la aparición de reinas jóvenes ha pasado, cuando comienzan los rigores del verano y se reduce algo el manantial de la miel, se modifica la actitud de las obreras para con estos huéspedes gordinflones y ya innecesarios. Los hasta ahora cuidados y alimentados por aquéllas, comienzan a ser empujados y repelidos; las obreras los acometen enganchándolos por donde pueden, sujetándolos con sus fuertes mandíbulas por las antenas o por las patas, intentando sacarlos de los panales y arrastrarlos hasta la piquera de salida de la colmena. No puede decírseles de manera más clara que son unos indeseables. Los zánganos, incapaces de asegurar su propio alimento, al ser arrojados quedan entregados a los tormentos del hambre. Por ello buscan tenazmente la manera de volver a entrar, pero son recibidos por las mandíbulas y hasta por los envenenados aguijones de las obreras, dardos contra los cuales no tienen defensa alguna, pues es de advertir que los machos no poseen aguijón ni la menor propensión a la lucha. Así encuentran un fin vergonzoso —abandonados y hambrientos— cualquier hermoso día de primavera, a las puertas mismas de las repletas colmenas. Ésta es la *batalla de los zánganos*. No una derrota rápida; no una matanza sangrienta, como cantan los poetas que entienden poco de apicultura, sino una creciente hostilidad por parte de las obreras, que dura varias semanas y va creciendo de día en día, hasta que el último zángano perece.

A partir de este momento y hasta la nueva primavera las abejas forman un pueblo exclusivamente femenino y mantienen entre sí una paz ininterrumpida.

7. LA SUBDIVISION DEL TRABAJO EN LA CIUDAD DE LAS ABEJAS

Mucho se ha hablado de la curiosa subdivisión del trabajo entre las obreras de la colmena: unas actúan de nodrizas y cuidan la cría; otras se ocupan de la limpieza; éstas construyen los panales y aquéllas defienden la colonia: las hay que se ocupan en la recolección de la miel y otras se dedican al aprovisionamiento de polen. La comparación con lo que ocurre en la sociedad humana va todavía más lejos, y en el pueblo de las abejas podríamos hablar de maestras, defensoras, barrenderas, albañiles, panaderas y reposteras. Pero esta comparación es sólo superficial, pues la forma de llevarse a cabo la distribución del trabajo difiere notablemente en uno y otro caso. Entre los hombres, el que elige una profesión continúa, por regla general, dedicado a ella toda la vida. Las abejas, por el contrario, van modificando sus actividades de acuerdo con la edad.

Para observar las actividades individuales y su modificación a lo largo de la vida de determinados individuos entre la multitud de habitantes de la colmena, se precisan una buena dosis de paciencia y el empleo de ciertos artificios técnicos.

La colmena de observación y cómo son numeradas las abejas

Una colmena es una caja oscura. Si se quiere observar a sus habitantes hay que recurrir al empleo de una *colmena de observación*, cuyos panales se encuentran dispuestos, no paralelamente, como en las ordinarias, sino unos junto a otros o unos sobre otros, de manera que a través de las paredes exteriores de cristal pueda verse a la totalidad de los animalillos que la habitan (fig. 34). Además, aquellos animalitos cuya actividad se

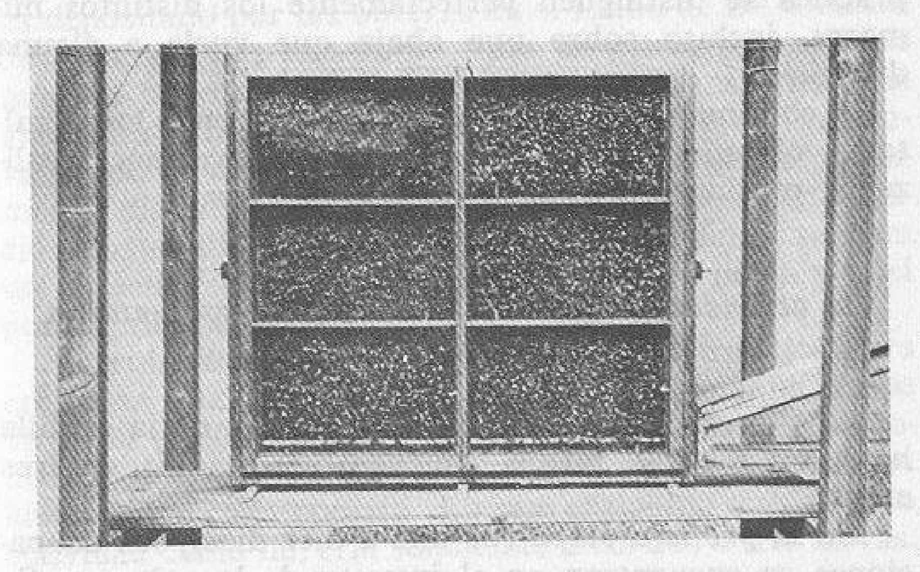


FIG. 34. Colmena de observación después de quitadas las cubiertas laterales. A través de las paredes de cristal se ven los panales dispuestos unos junto a otros. Las abejas pueden pasar, bajo los travesaños de madera que sirven de bastidores de la armadura de cristal, de uno a otro panal

desea seguir a lo largo de su vida deben señalarse o caracterizarse de manera que se les reconozca en todo momento: lo mejor es numerarlos. Esto se consigue mediante el empleo de marcas de colores, utilizando soluciones alcohólicas de goma laca. Una manchita blanca en la parte anterior de la espalda de la abeja repre-

senta el número 1; la mancha roja el 2; la azul el 3; la amarilla el 4; la verde el 5. Los mismos colores aplicados a la parte posterior del tórax significan: blanco el 6; rojo el 7; amarillo el 8; azul el 9 y verde el 0. Mediante la aplicación de dos manchitas próximas se forman diversos números. Por ejemplo: blanco y rojo en el borde anterior del tórax será el 12; rojo en la parte izquierda anterior y amarillo en la derecha posterior, el 29, etc. Las manchitas aplicadas al abdomen señalarán las centenas, de manera que, con nuestros cinco colores, podemos señalar 599 individuos, y, en caso necesario, puede ampliarse el sistema muy fácilmente. El método tiene la ventaja de que con un poco de práctica se distinguen perfectamente los distintos números, incluso sobre una abeja que vuela a alguna distancia.

A continuación describiremos brevemente los resultados obtenidos en varios años de observaciones realizadas mediante el empleo de este sistema.

La actividad de las abejas en las diversas etapas de su vida

La vida de las abejas, desde que salen de la celdilla hasta su muerte, puede considerarse dividida en tres etapas.

En la *primera etapa* (de uno a diez días), sus ocupaciones se encuentran en el interior de la colmena. Se las ve siempre con sus cabecitas introducidas en alguna celdilla de las que acaban de quedar libres por el nacimiento de otras abejas, limpiándola y trabajando el interior de las paredes con sus mandíbulas. La significación de esta última actividad no se conoce todavía, pero puede asegurarse que la reina solamente pone sus huevecillos en celdas que hayan recibido tal preparación. Las abejas jóvenes se sitúan también sobre las celdillas con *pollo* o *cría* para evitar que se enfríen y, por otra parte, pasan mucho tiempo agrupadas o paseándose

sobre los panales. Ya veremos como estos recreativos paseos tienen también su valor para la comunidad.

Pasados unos días alcanza el máximo desarrollo una glándula situada en la cabeza de la abeja, indicando que ha adquirido la aptitud para la principal tarea que ha de cumplir en esta primera época de su vida: para *nodriza*. Lo mismo que el niño recién nacido no puede digerir la carne u otros alimentos, sino que recibe todo lo que necesita por medio de la leche materna, las larvas de las abejas, durante los primeros días de su existencia, necesitan ser alimentadas por las obreras con una especie de jugo o *papilla* rica en proteínas, que se produce principalmente en las citadas glándulas y que es depositado por las obreras en el fondo de las celdillas destinadas a las larvas. Se trata de glándulas salivales que, en beneficio de la comunidad, se transforman en glándulas alimenticias. Su proteína proviene de la reserva de polen de la colmena, del que las nodrizas consumen y digieren grandes cantidades para su transformación en papilla. Las larvas grandes, más viejas, reciben un alimento más denso y son nutridas con polen y miel por las mismas obreras.

El cuidado de la cría exige no poco trabajo. Para criar una sola larva, la celdita en que ésta se halla recibe de 2 000 a 3 000 visitas realizadas por sus solícitas nodrizas. Si se totalizara el trabajo aplicado a cada una, se hallaría que cada nodriza, durante el tiempo que dura su actividad como tal, cría solamente unas dos o tres larvas.

Al final de esta etapa, las obreras abandonan la colmena por primera vez, van con precaución y se alejan muy poco; les basta hacerse cargo de la situación de la colmena y del paisaje inmediato. Pronto estos vuelos van haciéndose más largos, con lo que adquieren el conocimiento de los alrededores y la capacidad necesaria para llevar a cabo misiones que no corresponden ya exclusivamente al trabajo interior de la colmena.

En la *segunda etapa* de la vida (de los diez a los veinte días), terminan la actividad como nodrizas al modificarse las glándulas alimenticias de que hablamos.

Entonces llegan a la plenitud de su desarrollo las glándulas de la cera (fig. 35) que constituyen ahora el fundamento de su actividad como constructoras. Otras misiones que se llevan a cabo durante este período son: hacerse cargo del néctar que va siendo aportado a la

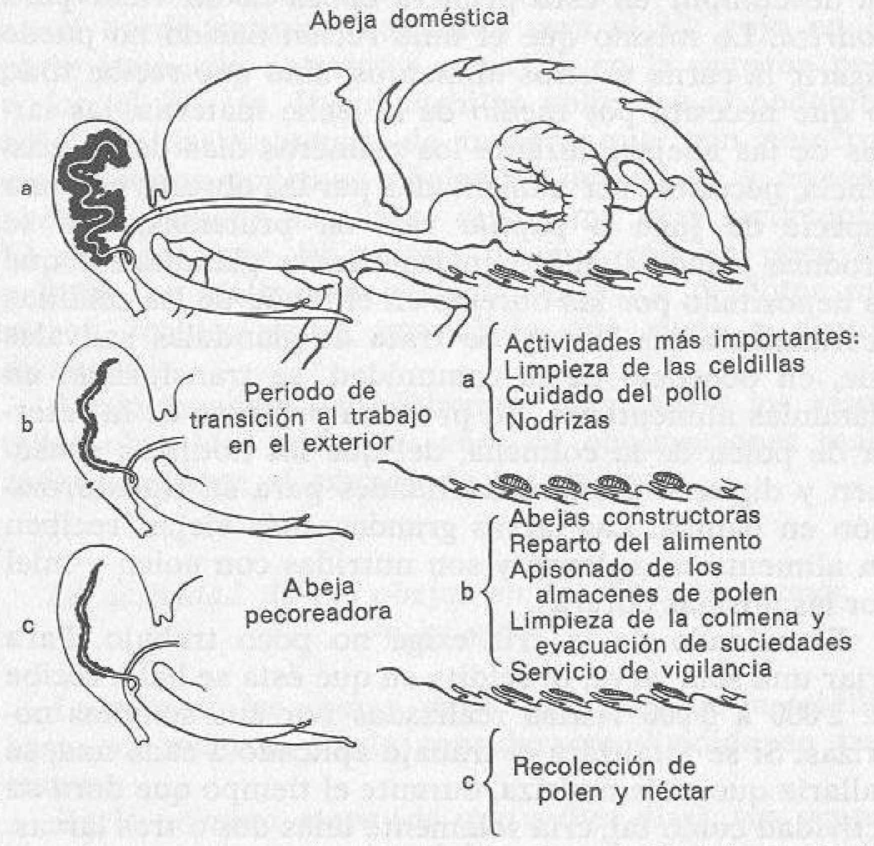


FIG. 35. Esquema de la distribución de actividad de la abeja; *a*, abeja en la primera etapa de su vida: las glándulas alimenticias situadas en la cabeza han alcanzado el máximo desarrollo; *b*, abeja en la segunda etapa de su vida: las glándulas cereras, situadas bajo el vientre, son ahora las más desarrolladas; *c*, abeja en la tercera etapa de su vida: glándulas alimenticias y cereras, atrofiadas

colmena; prepararlo y almacenarlo en las celdillas almacén, y apretar y reunir debidamente, utilizando para ello cabeza y mandíbulas, el polen que las pecoreadoras que lo traen depositan simplemente en las celdillas. También deben mantener limpia la colmena, trabajo en

el cual necesitan salir al exterior. Detritus de todas clases, e incluso cadáveres de los habitantes de la colmena, deben ser recogidos, sacados de ella y llevados en vuelo hasta cierta distancia, antes de abandonarlos.

Muchos son los que, habiéndose aproximado inconscientemente a una colmena, han recibido algunos aguijonazos. Pero no son ya tantos los que saben que las abejas que los atacaron son de una edad estrechamente limitada, dentro de la cual cumplen este deber de defensa, señalado en leyes que nunca fueron escritas. Al final de la segunda etapa de su vida, acostumbran situarse, cuando lo exige la necesidad, montando guardia en las proximidades de la piquera. Estas abejas comprueban con sus antenas la naturaleza de las que desean penetrar en la colmena: rechazan a las avispas y otros depredadores de miel y salen tumultuosamente para atacar a los hombres, caballos o cualquier otro *monstruo* que se aproxime a su hogar.[1]

En la *tercera etapa* (del vigésimo día a la muerte) las obreras se dedican a la recolección o *pecorea*. Vuelan alrededor de las flores para tomar de ellas el néctar o el polen. Durante el mal tiempo, que impide la salida de las *pecoreadoras*, éstas vuelven de muy mala gana al tra-

1. El aguijón venenoso se encuentra provisto de ganchos en forma de arpón, de manera que las abejas no pueden retirarlo de la piel cuando han picado, y al esforzarse en hacerlo se desgarra su abdomen y perecen. Esto no es una crueldad sin sentido de la naturaleza, sino que tiene una profunda razón de ser: en la punta del abdomen desgarrado se encuentra el ganglio que regula la actividad del aguijón, así como la glándula que segrega el veneno, todo lo cual queda unido al aguijón. El aparato de ataque queda en esta forma separado de la abeja, pero todavía vivo. Si no se le arranca con rapidez, sigue inyectando veneno en la herida: de manera que constituye un arma eficaz incluso contra un enemigo poderoso. Para el numeroso pueblo de las abejas no representa daño de consideración la pérdida de algunas obreras estériles. Con mayor frecuencia el aguijón se emplea contra otras abejas u otros insectos. El aguijón puede entonces extraerse con facilidad de la quebradiza coraza de quitina, que no lo retiene como hace la elástica piel de los vertebrados. El combate victorioso contra animales de su especie no tiene para la abeja consecuencias lamentables.

bajo del interior. Prefieren esperar tranquilamente la llegada de mejores horas. El mito de la laboriosidad de las abejas se ha difundido, debido a que, ordinariamente, no se ve más que a las recolectoras. Quien se ha familiarizado con la vida en el *interior de la colmena,* se da cuenta en seguida de la gran cantidad de tiempo que allí se consagra a la *inactividad.*

La edad de las abejas

El lector supondrá que la abeja que llega a esta tercera etapa de su vida tiene ante sí muchas semanas de alegre vuelo entre las flores. Pero, la vida de la abeja es corta, y la que comienza a salir de pecorea ha pasado ya más de la mitad de ella. En primavera y verano, raramente llegan las obreras a pasar de las 4 o 5 semanas de vida, a contar desde el momento en que salieron de la celda como insectos perfectos. Gran número de ellas desaparecen mucho antes, pues en sus vuelos de recolectores se hallan expuestas a gran cantidad de peligros, y no deja de tener una significación profunda el que esta actividad corresponda al último período de su vida.

No ocurre lo mismo con las obreras, que nacen al final del verano o durante el otoño. Estas abejas de invierno alcanzan varios meses de vida. Esta vida tan larga se debe a que durante los primeros meses pueden alimentarse de las existencias de polen almacenadas en la colmena, no haciendo uso de las energías reservadas en su cuerpo, ya que no tienen que cuidar en esta época de la cría. Pasan el invierno comiendo y descansando. Una vez llegada la primavera y que la reina comienza con la puesta de huevos, las obreras están preparadas para cuidar de las crías, teniendo intactas sus «reservas de grasa» y glándulas alimenticias.

La reina es la más longeva de la colonia, pudiendo cumplir sus fines maternales durante cuatro o cinco años.

Intromisión en el orden de la vida. Un ensayo perturbador que no tiene consecuencias

El cambio de actividades de las abejas obreras a lo largo del curso de su vida parece hallarse en estrecha relación con su desarrollo corporal. La obrera es nodriza cuando se halla desarrollada de manera perfecta su glándula alimentadora; es constructora cuando han llegado a madurez sus glándulas cereras. Pero, ¿es realmente el desarrollo temporal de los órganos de la abeja la base para el cumplimiento de las diversas actividades? ¿Permanecería invariable la secuencia de funciones si las condiciones a que se hallara sometido el pueblo de las abejas exigiera otra cosa?

Para intentar responder a estos problemas, se preparó una colmena de observación con solamente dos panales, *A* y *B*, y con dos piqueras, de las cuales, una permaneció cerrada en la primera fase del ensayo (parte superior de la fig. 36). En el curso de ocho semanas se numeraron más de mil abejitas recién nacidas. La edad de cada una, era, pues, perfectamente conocida. Un día, todas las abejas que se hallaban en el panal *B* fueron obligadas a pasar al *A*. Después, mediante un tabique colocado en *T*, se cerró la comunicación entre ambos panales; se dio un giro de 180º a la colmena y se abrió la segunda piquera (parte inferior de la fig. 36). Las abejas jóvenes, que todavía no volaban, quedaron en la parte *A*: las que ya lo hacían, abandonaron la colmena durante las siguientes horas del mediodía soleado de una jornada de verano, y, a su regreso, tomaron el antiguo camino que les condujo a la porción *B* actual. De esta manera se consiguió el agrupamiento de un *pueblo joven* en *A*, y un *pueblo de obreras viejas* en *B*. En el pueblo joven no existían *pecoreadoras*. No había allí individuos que pudieran preocuparse de aportar alimentos. Las escasas reservas existentes se consumieron con gran rapidez. Una parte de la pobla-

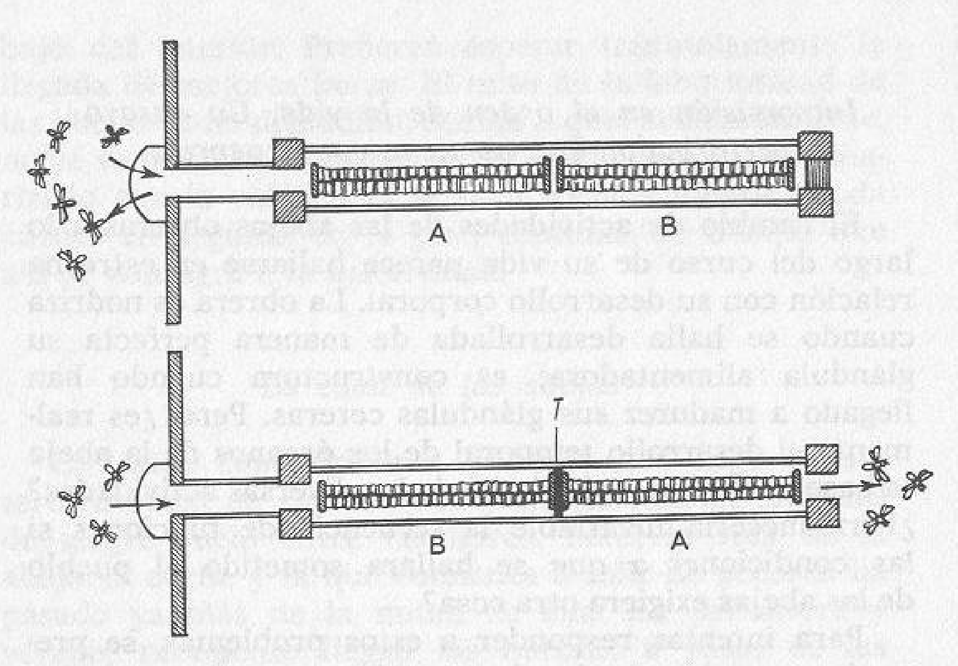


FIG. 36. Colmena de observación que puede girar para separar un pueblo de abejas en animales jóvenes y viejos (sección longitudinal horizontal, a la altura de la piquera). Arriba: antes de realizar el giro; el interior no se encuentra dividido y sólo hay abierta una piquera. Abajo: se ha hecho girar la colmena 180° y se ha dividido el interior mediante el tabique separador *T*; previamente se hizo que todas las abejas pasaran al departamento *A*. La segunda piquera está abierta. Las abejas jóvenes se quedaron en *A*; las viejas salieron de pecoreo y al regreso se reunieron en *B*. *(Según G. A. Rösch)*

ción sucumbió de hambre; en la dura necesidad, algunas larvas fueron sacadas de sus celdas, chupando el contenido de sus cuerpos. Pero, al tercer día, se produjo un brusco y sorprendente cambio. Contra toda costumbre, comenzaron a salir a recolectar obreras de solamente una o dos semanas de edad y regresaron cargadas de botín. Por el estado de desarrollo de sus glándulas alimenticias se hallaban en la edad de actuar de nodrizas. Pero el elemento determinante de su actividad no fue, ahora, su desarrollo corporal, sino la dura necesidad a que se hallaba sometida la colonia: sus glánduras se adaptaron a las circunstancias y se atrofiaron en muy pocos día. En el otro lado de la colmena, en donde había quedado confinado el *pueblo viejo*, faltaban,

en cambio, nodrizas. Las obreras existentes eran muy jóvenes para esta misión, pero las glándulas alimenticias se desarrollaron en ellas mucho antes de lo normal.

En otra colonia, mediante una sencilla manipulación, se sacaron todas o la mayor parte de las obreras constructoras. Además, se puso a la colonia en situación tal que era precisa la construcción de nuevos panales. ¡Y se construyeron! Fueron construidos por obreras cuya edad no correspondía ya a la misión de construcción. El estado microscópico de estos animales demostró que sus glándulas cereras, ya agotadas, habían sufrido una maravillosa renovación.

La armonía en el trabajo

En las circunstancias normales apenas pueden presentarse anormalidades tan duras como las producidas en estos ensayos. Pero, en pequeña escala, las condiciones y necesidades de las colonias son muy variables. La cantidad de pequeñuelas hambrientas es unas veces mayor, otras más reducida; a un período de mal tiempo puede suceder de manera inmediata una época de abundancia de pastos en la que el esfuerzo de las recolectoras se eleva bruscamente; una rica cosecha exige la existencia de celdillas vacías, y el prepararlas puede requerir una urgente secreción de cera y el construir nuevos panales.

El pueblo de las abejas puede hacer frente a estas eventualidades de manera sencilla, debido a que el desarrollo de las glándulas de alimentación y de cera no sigue de manera rígida el esquema señalado en la figura 35, sino que posee cierta elasticidad. Además de las abejas correspondientes a un grupo afecto a determinada actividad, existen otras que también pueden dedicarse a ella en caso necesario. En unas se desarrollan las glándulas de la cabeza, en otras las de producción de cera un poco antes de lo que corresponde al término medio, y la tendencia a realizar esto o aquello

se rige menos por el *calendario de trabajo* que por las necesidades del momento. Para que esto pueda realizarse, para acudir a estas contingencias, está el pasearse sobre los panales; el aparentemente inútil ir de un lado para otro en cómoda vagancia. Estas vagabundas van introduciendo su cabeza en una y otra celdilla, y aplican su esfuerzo donde hay algún quehacer. Así, la armonía en el trabajo que se observa en la colmena, se debe, en gran parte, a los ratos de ocio. También la holganza puede tener su justificación... siempre que no constituya la norma ordinaria de la vida.

8. DE LOS SENTIDOS DEL OLFATO Y DEL GUSTO

Hablamos frecuente de nuestros cinco sentidos, aun cuando la ciencia ha descubierto hace ya bastante tiempo que, además de los sentidos clásicos (vista, oído, olfato, gusto y tacto), existen otros asentados en órganos igualmente apropiados, como son, por ejemplo: el sentido del equilibrio en el oído interno o, en la piel, los minúsculos órganos que nos permiten distinguir las sensaciones de calor y frío. Como estos sentidos cumplen una misión subordinada en nuestra vida su existencia todavía no se ha popularizado.

Pero tampoco los cinco sentidos de antiguo celebrados son equivalentes entre sí. Si perdemos la vista, lo consideramos un verdadero desastre, y si pasamos solamente algunos minutos al lado de un ciego, éste no puede ocultarnos su desgracia. En cambio, podemos hallarnos en relación, durante años enteros, con ciertas personas, sin enterarnos siquiera de que carecen de olfato; tan pequeña es la perturbación introducida en su vida por la falta de este sentido. Para nosotros, la vista es el sentido que nos sirve de guía: para muchos animales lo es el olfato. Para un perro o un caballo la pérdida del olfato sería una verdadera catástrofe: tan catastrófico como para el hombre la pérdida de la visión.

Para las abejas los sentidos de la vista y del olfato son ambos de fundamental importancia. La primera etapa de su vida se desarrolla por completo en la oscuridad de la colmena: allí no le sirven para nada los ojos, y, por tanto, junto con el tacto es el olfato lo que

debe servirles de guía en todas sus actividades. Más tarde, cuando la abeja comienza su labor pecoreadora y toda su actividad ha de desarrollarse en plena libertad, será el órgano de la vista el que la guíe. Sin ojos, la abeja estaría perdida, porque no podría orientarse.

De la importancia del aroma de las flores

Si tenemos ocasión de ver un prado florido cuando las abejas se encuentran recolectando en él, podremos hacer una curiosísima observación. Una abeja vuela de una a otra flor de trébol y deja todas las demás flores de otras plantas sin visitar; otra, volará de un miosotis a otro y pasará por delante de los tréboles sin hacerles el menor caso; una tercera no se posará más que sobre flores de tomillo. El hecho se repetirá de manera tan rígida que casi puede asegurarse que cada abeja no escogerá miel, durante todo el día, más que en una sola clase de flores. Los biólogos dicen: *las abejas son selectivas para las flores.* Pero esto se refiere a las abejas consideradas como individuos, no en lo que afecta a la especie; pues, mientras un verdadero ejército de abejas recoge miel en las flores de trébol, un tropel no menos numeroso de obreras de la misma colmena visita los miosotis, y un tercero los tomillos, o cualquier otra especie de plantas de las que constituyen la flora melífera del país.

Esta selectividad de las abejas en su trabajo de recolección es tan útil para ellas como para las plantas. Para las primeras, porque especializándose en una flor determinada, encuentran siempre las mismas condiciones de trabajo, con las que acaban por familiarizarse. Ahora bien: quien ha visto el largo tiempo que una abeja tarda en extraer la oculta gotita de néctar la primera vez que visita una flor, y la cantidad de tanteos que tiene que realizar con la trompa para alcanzarla, y observa después la rapidez con que ejecuta la operación

tras haberla efectuado cinco o seis veces, está en condiciones de comprender la economía de tiempo que semejante especialización produce, como ocurre siempre que alguien realiza muchas veces el mismo trabajo, que va ejecutando mejor y más rápidamente a medida que lo repite con mayor frecuencia. Pero todavía es de más importancia el hecho para las flores visitadas, cuya rápida y eficaz recepción de polen depende de ello, ya que la flor de trébol no obtendría la menor utilidad recibiendo polen del miosotis, por ejemplo.

¿Cómo se las arreglan las abejas para encontrar en un prado siempre la misma clase de flores? ¿Las buscan por el color? Sólo en parte, aunque existe más variedad en clases de flores que en coloridos. Pero cada tipo de flor posee un *olor* especial, que la caracteriza de forma adecuada. Es el olor el que debe proporcionar los elementos necesarios para la obtención y caracterización de la clase de planta de que se trata, caso de que las abejas puedan percibirlo y regirse por él. ¿Cómo experimentar para conseguir la certeza de que así ocurre?

Habituamiento al olor

Para someter a prueba a las abejas recurriremos a un método que ha demostrado ser muy útil en las investigaciones relativas a la capacidad sensorial de los animales: *el método del adiestramiento.* Sobre una mesa de ensayo colocada a la intemperie atraeremos algunas abejas hacia una caja de cartón con piquera y tapa abatible, introduciendo una flor aromática, por ejemplo, una rosa (figs. 37-38). Junto a ésta, situamos unas cajas vacías, sin cebo y sin rosa. Se varía con frecuencia el lugar que ocupa la caja guía, de forma que la abeja deba seguir el sentido del olfato y no el de la orientación. Como alimento úsese agua azucarada en lugar de la olorosa miel. Pronto podremos llevar a cabo el experimento concluyente para el que haremos uso de nuevas cajas que nunca fueron visitadas por las abejas. Todas

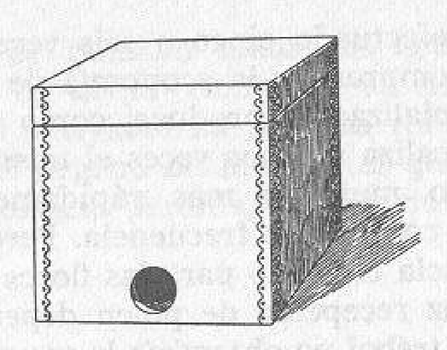


Fig. 37. Cajita de cartón, para experiencias de adiestramiento al olor. Vista anterior

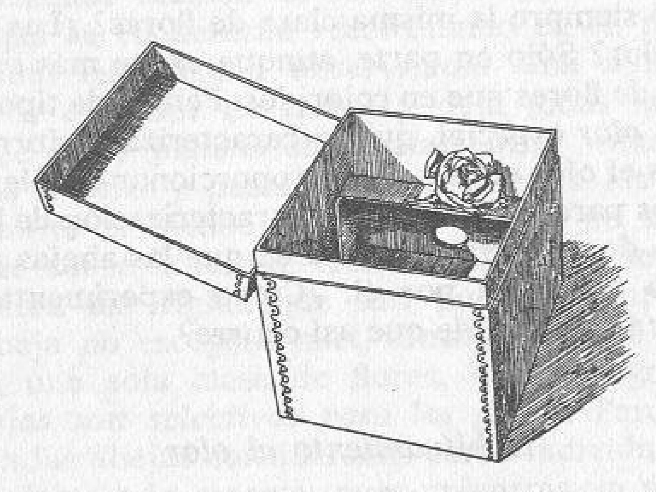


Fig. 38. La cajita de cartón con la tapa abierta. Vista desde arriba. Sobre la repisa se ha colocado una rosa que aromatiza la caja

las cajas son idénticas en forma y olor. Introducimos en una de ellas la fragante rosa sin ningún alimento. A los pocos segundos la actitud de las abejas queda bien clara. Vuelan una detrás de la otra a la piquera de la caja que contiene la rosa y penetran dentro. No se acercan a la caja vacía. Con ello queda demostrado que perciben el olor de la rosa y que éste es para ellas el guía que les conduce al lugar donde se encuentran sus alimentos.

Pero todavía no es esto lo más sorprendente. Podemos utilizar el mismo procedimiento para experimentar de manera más exacta la capacidad de las abejas. Con

referencia a la constancia con que permanecen fieles a unas mismas flores y a la capacidad de distinción entre sus diversas clases, interesa conocer hasta qué extremo llega su capacidad de distinguir los diversos olores. Para ello sometemos a las abejas al trabajo de habituarse o acomodarse a los olores de muy diversas flores.

Actualmente ya no es preciso trabajar con flores. Éstas desprenden unas veces olor penetrante, otras veces débil. Además, no siempre se dispone de cantidad suficiente para realizar la experiencia.

En el sur de Francia se utiliza un método excelente para conservar el olor de las flores frescas: se esparcen las flores, jazmines, por ejemplo, sobre unos paños de lana empapados en aceite inodoro de parafina; el aceite se impregna del olor de las flores. Si se escurren después aquellos paños y se llenan frasquitos con el líquido extraído de ellos, se dispone de un aceite aromatizado que puede enviarse a todas las partes del mundo y utilizarse para la preparación de los más variados productos de perfumería. Así podemos disponer de aceites con olores de jazmín, rosa, azahar, etc., de los que podemos verter algunas gotitas en el interior de cada una de nuestras cajas de cartón. De esta forma, se llenan del aroma correspondiente a la flor deseada, aroma que conserva extraordinariamente la pureza y característica del de la flor. Por otra parte la industria de la perfumería nos puede proveer de una gran variedad de esencias aromáticas.

Y ahora, veamos un ejemplo: habituemos a las abejas mediante el aroma de una esencia de naranja. Luego, coloquemos varias docenas de cajitas juntas, pero esta vez haciendo que cada una posea un olor determinado, aun cuando en ninguna de ellas exista cebo. ¿Qué hacen las abejas?

Vuelan alrededor de todas las cajitas y meten en ellas sus narices, valga la frase; penetran en la caja que despide el olor a que se hallan habituadas, en busca del esperado cebo, mientras que rodean las demás sin introducirse en ellas. Solamente ocurren confusiones cuando

los cambios de olor no son muy apreciables para nuestro olfato, o, por lo menos, son muy semejantes; por ejemplo, cuando dos cajas se hallan perfumadas con una esencia parecida pero de distinta procedencia: de naranjas españolas y de Mesina. Para un hombre cuyo olfato no se halle convenientemente educado será muy difícil distinguir estos dos aromas. Lo que se consigue en este respecto con una educación adecuada puede observarse en las personas en cuya profesión el cuidado y práctica del olfato es esencial. Un perfumista experimentado no dudará un momento, y distinguirá perfectamente el origen de cada una. Las abejas son muy romas en sus apreciaciones y se preocupan muy poco por la caja que contiene la esencia de procedencia española.

En resumen: de todas estas experiencias y de otras muchas realizadas se deduce que las abejas conservan el recuerdo del olor a que han sido habituadas, y que pueden distinguir con absoluta seguridad los olores que percibe de manera clara y distinta el olfato humano de tipo medio. Puesto que apenas hay dos clases de flores que posean perfumes semejantes, es perfectamente comprensible la constancia en la visita a una determinada clase de ellas.

La capacidad olfativa de la abeja puede también comprobarse desde otro punto de vista. Podemos habituar a las abejas a un olor determinado, y luego ir reduciendo su intensidad, mediante una serie de ensayos sucesivos, hasta que dichos insectos no se encuentren en condiciones de distinguir la caja perfumada de las que no lo están. De esta manera, utilizando nuestro propio olfato podremos establecer una relación entre la agudeza olfativa de las abejas y la del hombre. La comparación da por resultado una coincidencia extraordinaria. El olfato de la abeja comienza a fallar aproximadamente al mismo tiempo que el nuestro deja de percibir el olor. Una serie de métodos más exactos nos revelaron, asimismo, importantes diferencias: los perfumes de las flores, que son importantes para las abejas desde un punto de vista biológico, los perciben incluso en una

proporción muy inferior si se compara con el hombre. Perciben el olor de atracción que desprende su propia glándula odorífera en una proporción menor a la que nosotros podríamos apreciar. Por el contrario, las abejas son menos sensibles a los olores de reducido valor biológico.

La forma conjunta de actuar como elementos atractivos el color y el olor de las flores, depende en cada caso particular de la intensidad del olor y de lo llamativo de los colores. En general, podemos afirmar que las abejas se guían desde lejos por los colores que las atraen hacia la flor que desean alcanzar: pero que, en las cercanías, es el olfato el que les permite comprobar que se encuentran en el lugar deseado.

Esta afirmación puede patentizarse muy bien mediante ensayos de adiestramiento, acostumbrando a las abejas simultáneamente al color y al olor, y ofreciéndoles después ambos elementos por separado. Podemos poner el cebo, por ejemplo, en una cajita cuya cara interior se encuentra pintada de azul y cuyo interior se halla aromatizado con esencia de jazmín (fig. 39 *a*, caja del centro). Una vez que las abejas estén habituadas, coloquemos una caja desprovista de perfume, pero con la cara anterior pintada de azul, a la izquierda; y otra caja de aspecto ordinario, pero perfumada con jazmín, a la derecha (fig. 39 *b*). Las abejas habituadas al azul que llegan procedentes de la colmena, se dirigen directamente desde la lejanía a la caja azul. Antes de decidirse a penetrar en ella, la mayor parte se detiene bruscamente, al echar de menos el olor a jazmín y son muy pocas las que penetran. Las que no lo hacen comienzan a realizar una búsqueda, muchas veces infructuosa, revoloteando alrededor de la caja; las que aciertan a pasar a algunos centímetros de distancia de la entrada de la caja perfumada con jazmín, se introducen en ella, a pesar de no estar pintada de azul, y, la mayor parte, lo realizan sin la menor vacilación. Esto nos demuestra que el factor decisivo ha sido el aroma.

Tal observación puede realizarse también en los

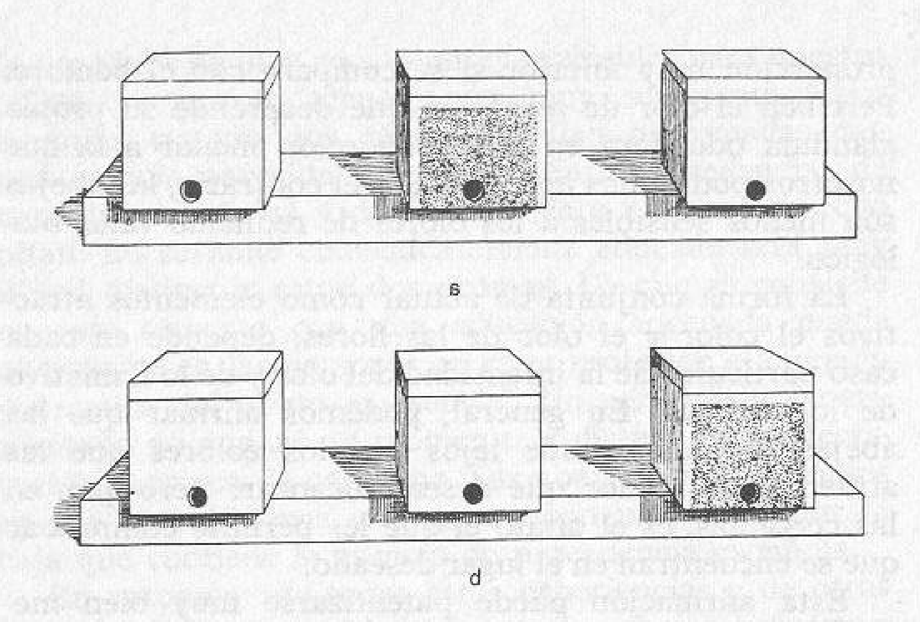


FIG. 39. Disposición del experimento. Explicación en el texto. El punteado representa el color azul

prados. Es frecuente ver cómo una abeja pecoreadora, que se dedica a recolectar una determinada clase de flor, se aproxima a otra de un color tal que, para el ojo de la abeja, es igual al de la que ordinariamente visita; pero, tan pronto como se encuentra en sus proximidades, el olfato la avisa del error cometido, duda un momento, y, sin llegar a posarse, se aleja para dirigirse a una flor cercana.

¿Dónde tienen las abejas el órgano del olfato?

Desde hace tiempo se sabe que la mayoría de los insectos no reaccionan al estímulo del olor si se les amputan las antenas. Lo cual no demuestra que los órganos del olfato estén situados en ellas. El que los insectos a los que se cortan las antenas no reaccionen ya al olor se ha querido atribuir a un malestar general producido por la amputación de estos apéndices cefálicos, extraordinariamente inervados, los insectos, después de este violento trauma, podrán quedar atontados

e indiferentes, sin perder por completo el sentido del olfato. Sin embargo, mediante dos ensayos de sencilla ejecución podremos convencernos de que tal suposición es completamente errónea.

Habituamos una abeja al *olor de la menta*, alimentándola en un platillo dispuesto sobre un papel gris impregnado con unas gotitas de esencia de menta. Junto a éste se colocan otros papeles grises, con platillos *vacíos* y perfumados con olor de *tomillo*. Tratemos de averiguar si el hábito es perfecto. Comencemos por poner cuatro platillos iguales, pero todos vacíos: uno perfumado con menta y los restantes con el perfume anterior (tomillo). La abeja se posa directamente sobre el platillo perfumado con menta y en él busca el cebo. Repitamos el experimento, pero cortando previamente las antenas de la abeja. La operación no debe de afectarle mucho porque, como ocurre generalmente en los insectos, parece ser ajena a la percepción del dolor. Entonces, realizando un vuelo directo hacia el lugar en que se encuentran los platillos, revolotea sobre ellos (fig. 40), como buscando el olor que le sirve de

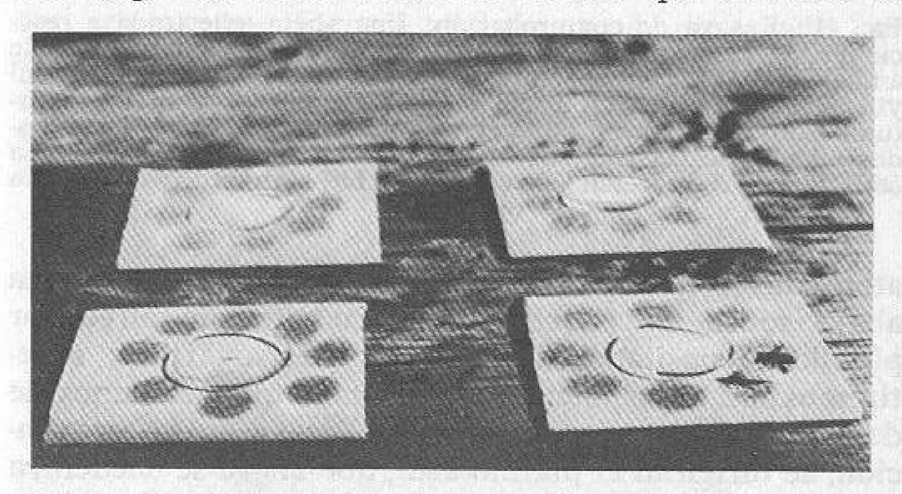


FIG. 40. Una abeja mediante un cebo con agua azucarada, se ha adiestrado a reconocer el olor de una esencia. Después de la amputación de las antenas, ya no es capaz de distinguir por el olfato el platillo con agua azucarada, de otros platillos colocados en las proximidades. La fotografía muestra cómo la obrera operada revolotea sobre los platillos, marchando de uno a otro er. busca infructuosa

orientación, para finalmente posarse indiferentemente en uno u otro

Su comportamiento nos produce la impresión de que la amputación de las antenas no ha originado en ellas un choque grave. Podemos demostrar, mediante otra experiencia, que tras la operación no han quedado

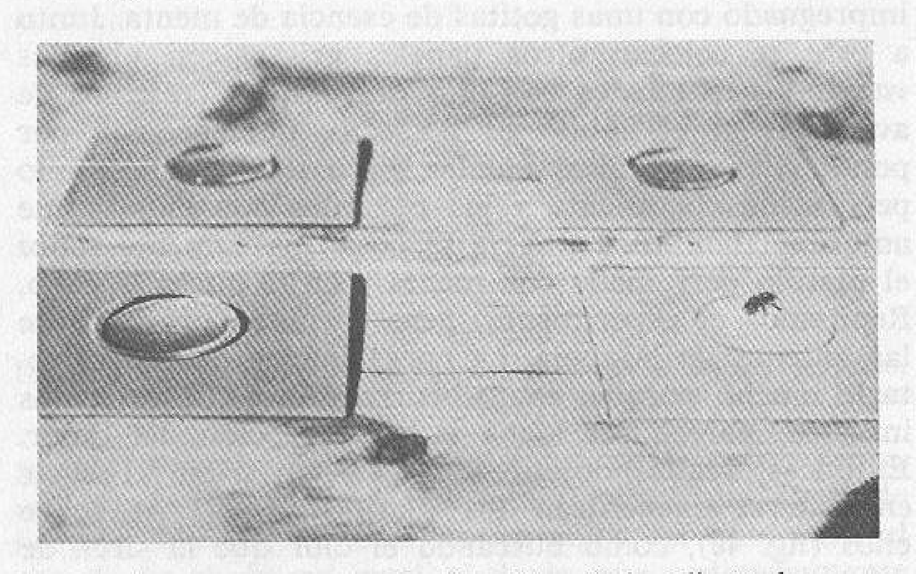


FIG. 41. Ensayo de comprobación: Una abeja adiestrada a reaccionar al color azul se dirige, después de la amputación de ambas antenas, con absoluta seguridad hacia la superficie azul y busca, en el platillo vacío allí depositado, el alimento acostumbrado, mientras no pone atención alguna a los platillos situados encima de las tres superficies vecinas de papel amarillo. La capacidad de reacción al color no ha sido afectada por la operación

atontadas e insensibles: cebemos o habituemos a una abeja sobre un papel azul, y coloquemos alrededor platillos depositados sobre superficies amarillas; repetiremos los experimentos en la forma que acabamos de describir, y observaremos que, a pesar de la amputación; se dirigirán al platillo azul, que ahora se encuentra vacío (fig. 41). La pérdida de las antenas no lleva consigo la de la capacidad de reaccionar, habiendo perdido únicamente la de orientación por el olfato. Las antenas son los órganos soporte de este sentido.

El órgano del olfato de la abeja es completamente

distinto del del hombre. En éste, dicho órgano se halla situado en lo más profundo de la nariz, donde innumerables nerviecillos arraigan en la mucosa. Allí actúan las partículas procedentes de los cuerpos odoríferos, que llegan hasta nosotros, suspendidas en el aire que respiramos. Los insectos carecen de nariz. Sus aberturas respiratorias no se encuentran situadas en la cabeza, sino en otros lugares del cuerpo, por lo que son inadecuadas para el olfato. El órgano de este sentido tiene gran importancia, a veces fundamental, y sirve grandemente para la orientación, así que su lugar adecuado se halla en la parte anterior de la cabeza. Éste es, precisamente, el lugar que ocupan las antenas (fig. 16). Como sabemos, toda la superficie del cuerpo del insecto, incluyendo la de las antenas, se halla recubierta por una fuerte coraza. Para permitir el paso de las partículas odoríficas hasta los nerviecillos del olfato, el recubrimiento de las antenas debe hallarse atravesado por innumerables y finísimos canalillos. La figura 42 corresponde al aspecto de una antena de abeja, observada con unos 20 aumentos. La figura 43 representa uno sólo de los artejos que forman dicha antena, observado con mayor aumento todavía. Los puntos de color más claro de forma alargada son los «poros olfativos». La figura 44 nos enseña, muy simplificado, cómo es la sección longitudinal de un poro, observado bajo el microscopio.

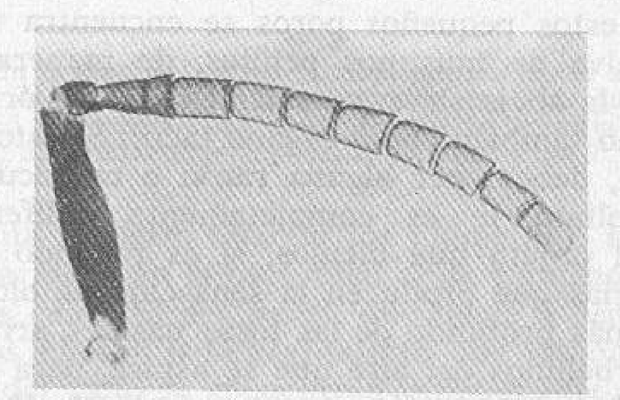


FIG. 42. Antena de una abeja, aproximadamente con veinte aumentos. Está formada por doce artejos unidos por articulaciones móviles. *(Fot. Dr. Leuenberger)*

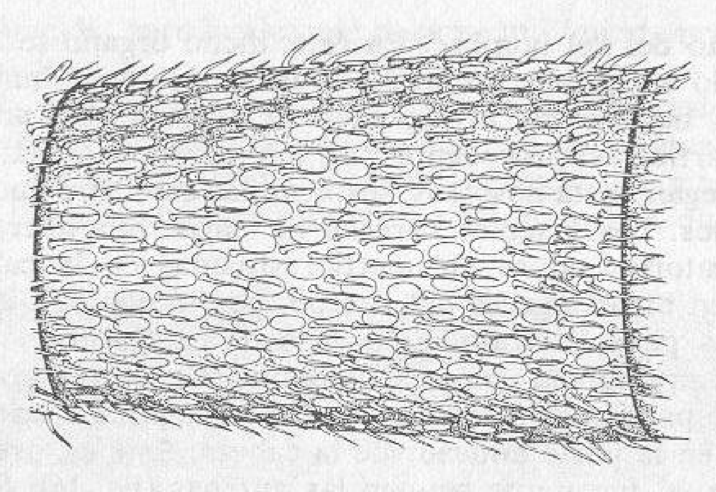


Fig. 43. Artejo de la antena de una abeja, muy ampliado. Los puntos claros son los lugares en que la capa protectora de quitina es más delgada («láminas porosas», órganos del olfato). Junto a ellos se ve gran número de pelillos táctiles

En esta sección la capa protectora de quitina está dibujada de color negro. Sólo forma una pequeña tela de protección sobre el órgano del sentido. Ello es apreciable con cualquier buen microscopio. Pero sólo los grandes aumentos de los modernos microscopios electrónicos nos permitieron ver los finísimos poros en la hendidura en forma de anillo R; existen aproximadamente 3 000 en cada planchita de poros. A través de ellos pueden pasar inmediatamente las moléculas olfativas a los extremos de las células sensoriales (S).

Entre estos pequeños poros se encuentra una verdadera selva de finísimos pelillos, de manera que la antena de la abeja sirve, no solamente como órgano del olfato, sino también como órgano táctil. Si esto es realmente así, debe tener alguna razón o consecuencia. A nuestro olfato le es completamente indiferente la forma del objeto que olemos, si es redondo o largo. Las materias que producen la sensación de olor llegan hasta lo más profundo de las fosas nasales, arrastradas en los torbellinos del aire que se aspira, para alcanzar hasta el órgano del olfato, y no existe relación alguna entre la forma del cuerpo olido y la manera como se impresiona nuestro olfato. En la abeja las cosas ocurren

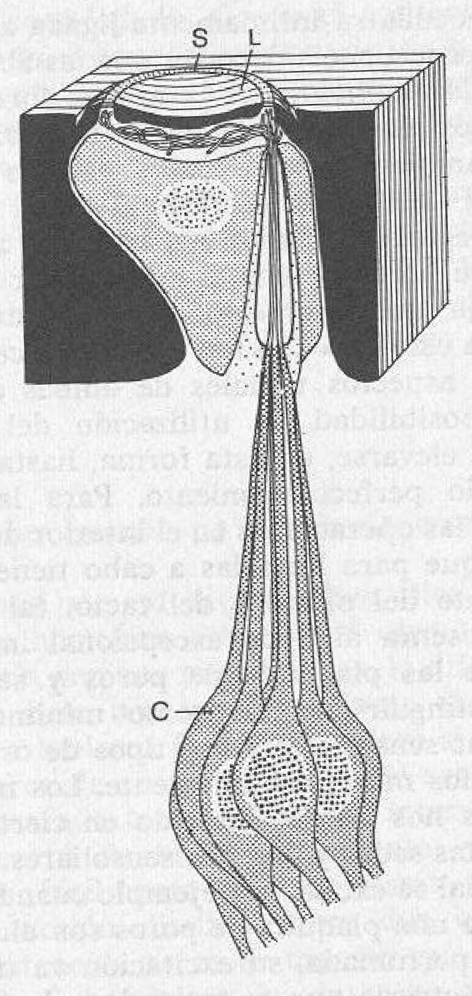


FIG. 44. Un órgano del olfato (lámina porosa) de la antena de la abeja. En la superficie de la sección, la capa de quitina de la antena está representada en negro. *C*, células sensoriales; *L*, lámina porosa; *S*, surco anular. Esquema. *(Dibujado por T. Hölldobler)*

de distinta manera. Cuando los animalillos se encuentran encerrados en la oscuridad de la colmena y buscan sobre las celdillas del panal, que huele a cera, y reconocen los huevos o larvas, puesto que los órganos del olfato y del tacto se encuentran íntimamente asociados, al extender las antenas sobre el panal, perciben las correspondientes sensaciones muy combinadas y su per-

cepción se encuentra íntimamente ligada a la forma del objeto. La consecuencia debe ser que las abejas *perciben los olores plásticamente*, de la misma forma que nosotros los vemos *plásticamente*, por estar habituados desde la niñez a cambiar las sensaciones visuales con las táctiles. Tanto si acercamos la nariz al panal formado por celdillas hexagonales, como si lo hacemos a una bola de cera, siempre percibiremos el mismo olor a cera. Pero, para la abeja, quizás el «olor de cera hexagonal» y el «olor de cera esférica» son tan diferentes como son para nosotros los aspectos visuales de ambas cosas. La capacidad o posibilidad de utilización del sentido del olfato puede elevarse, en esta forma, hasta alcanzar un extraordinario perfeccionamiento. Para la abeja, que realiza todas las operaciones en el interior de sus oscuras ciudades, y que para llevarlas a cabo tiene que valerse exclusivamente del olfato y del tacto, tal perfeccionamiento representa algo de excepcional importancia.

Aparte de las plaquitas de poros y sedas táctiles, podemos distinguir además como mínimo otros tres tipos de sedas sensoriales y dos tipos de órganos sensoriales colocados muy profundamente. Los métodos electrofisiológicos nos han esclarecido en cierta medida el porqué de estas sedas y órganos sensoliares. Cuando una célula sensorial se excita, por ejemplo cuando las células sensoriales de una plaquita de poros son alcanzadas por una materia perfumada, su excitación va unida a unas reacciones eléctricas que se extienden al cerebro y forman la base de todas las sensaciones sensoriales. A través de finísimas sondas (microelectrodos) se pueden derivar de una placa de poros las señales eléctricas, registrarlas y medir su intensidad. De esta forma se ha conseguido averiguar que en las antenas de las abejas sólo las placas de poros reaccionan a *materias perfumadas*, siendo su reacción muy concreta y variando según el tipo de materia perfumada. Los otros órganos sensoriales táctiles microscópicamente diminutos se excitan con cualquier tipo de *contacto*; éstos son las sedas táctiles. Otras a su vez están preparadas para sentir *el frío* y

el calor, la humedad del aire y el contenido de *ácido carbónico.* Todos estos factores son de suma importancia para el ambiente de la colmena y para el mantenimiento de la cría. Continuamente son controlados y regulados por las obreras.

Así se demuestra que las delgadas antenas en la cabeza de la abeja, que aparentemente carecen de importancia, en realidad son instrumentos de trabajo de gran utilidad. Al investigador las antenas le plantean más problemas de los que puede solucionar en el transcurso de su vida.

Sobre gustos no hay nada escrito

De gustibus non est disputandum, dice un viejo proverbio. Si un hortelano discute con otro acerca de cuál de los dos cría pepinos más grandes, la diferencia podrá zanjarse, en caso necesario, mediante el juicio de un árbitro que establezca la decisión. Pero si dos personas discuten acerca de si una taza de café sabe mejor fuertemente azucarado o sin azúcar, la intervención de un tercero carecerá de sentido. Mediante ensayos puede comprobarse fácilmente que el mismo sabor de una cosa ejerce acción distinta sobre dos individuos. En estas circunstancias no es de esperar que coincidan los gustos entre el hombre y *los insectos,* pero sí existe una semejanza en determinados aspectos.

Sobre todo, encontramos la misma división en dos del «sentido químico»: se divide en *olfato* y *sabor.* El olfato es un órgano que debido a su extremada sensibilidad percibe desde lejos las materias odoríferas. Pequeñas partículas que se desprenden de las materias odoríferas son llevadas por el viento y excitan los nervios olfativos. Al contrario, el sentido del gusto es bastante inocuo; su función es analizar los alimentos en su composición química. Un inconveniente más, tanto en la abeja como en el hombre, es la poca sensación que

causa el sabor de ciertas cosas: dulce, amargo, agrio y salado.

La valoración de lo dulce se encuentra muy extendida en el mundo animal. Sin embargo, en lo que respecta a la agudeza del sentido del gusto existen notables diferencias. Un pececillo, el piscardo, puede reconocer el gusto de una solución azucarada, cuya concentración sea cien veces más reducida que la que nosotros podemos acusar; ciertas mariposas, que poseen el órgano del gusto en las puntas de las patitas, multiplican la sensibilidad de la lengua del hombre aproximadamente un millar de veces.

Para las abejas el golosinear es como si dijéramos la misión de su vida. El néctar de las flores es, en esencia, un jugo azucarado, y, debido a su dulzor, es reconocido y tomado por ellas. Pero el que crea que deben ser extraordinariamente sensibles a este sabor, se halla equivocado. Lo contrario es, precisamente, lo cierto. Una solución azucarada de 2 %, que para nosotros tiene un sabor francamente dulce, no es distinguida del agua pura por las abejas.

Para hacer más visibles estas diferencias se representa en la fotografía de la figura 45 una botella conteniendo un litro de agua, y, junto a ella, las diversas cantidades de azúcar que han de disolverse para que su presencia sea perceptible por la mariposa de mayor sensibilidad de entre las estudiadas, un piscardo, un hombre con su lengua o una abeja que introduzca su trompa en la solución. Una mariposa puede aprovechar para su sustento cantidades pequeñísimas de azúcar. La abeja recoge el néctar como un alimento destinado a ser almacenado para el invierno: las soluciones diluidas no resuelven el problema, porque no son estables ni fáciles de conservar. Lo mismo que el ama de casa no puede economizar azúcar al preparar sus conservas de frutas, si no quiere que se le estropeen, la abeja no puede almacenar en las celdillas del panal soluciones azucaradas diluidas. La naturaleza le ha dado un sentido tan poco agudo a fin de que ni siquiera intente comportarse de

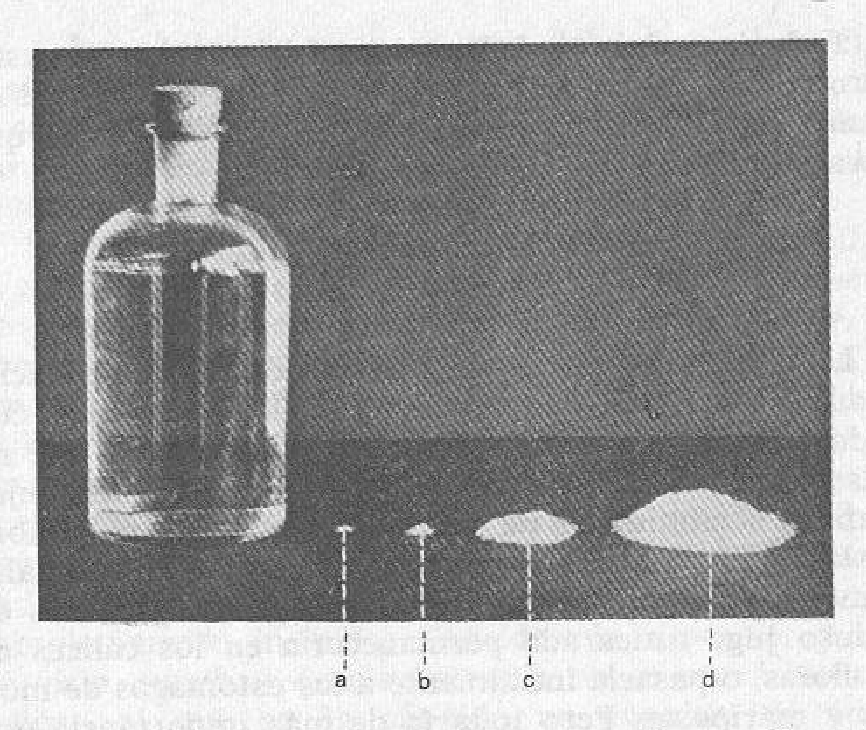


Fig. 45. La botella contiene un litro de agua. Junto a ella varios montoncitos de azúcar que han de disolverse en ella para alcanzar el umbral de la sensibilidad para el dulce en: *a*, una mariposa, muy sensible; *b*, un pez (piscardo); *c*, el hombre y *d*, la abeja

manera biológicamente inadecuada. Las plantas responden a esta necesidad, puesto que el néctar que las flores ofrecen contiene una cantidad de azúcar verdaderamente asombrosa (más del 40 y hasta el 70 %).

A las abejas no se las puede engañar, como al hombre, con sacarina y otros sustitutivos del azúcar que, aun cuando de gusto análogo, poseen un valor alimenticio mucho más reducido. Los sustitutivos, que para nosotros resultan intensamente dulces, carecen de sabor para la abeja.

A los niños a quienes se desea hacer perder el vicio de chuparse el dedo se les pone a veces en él un poco de quinina, cuyo amarguísimo sabor domina todos los deseos. Las abejas succionan las soluciones azucaradas con adiciones de quinina, que para nosotros es tan desagradable, con notable avidez. También para otras materias amargas son poco sensibles tales animalitos.

Todavía podrían señalarse otras diferencias de gusto, pero como nuestro intento no es escribir un *manual de cocina* para abejas, podemos conformarnos con lo que llevamos dicho.

Una aplicación práctica útil

La apicultura no es tan sólo una diversión de aficionados; es también una ocupación útil. Los bosques cuidadosamente atendidos en la actualidad, en los que no existen árboles caducos o huecos, no ofrecen a las abejas grandes posibilidades de hallar habitación. Si el hombre no las hubiera convertido, en cierto modo, en animales domésticos, una innumerable cantidad de quintales de valioso jugo azucarado permanecería en los cálices de las flores, o pasaría inútilmente a los estómagos de moscas y mariposas. Pero todavía de más importancia que la miel recogida es la utilidad mediata de las colmenas. La mayor parte de nuestras plantas cultivadas son polinizadas por las abejas, de manera que, sin ellas, serían mucho más reducidos sus rendimientos en frutas y semillas (págs. 35-39).

Los colmeneros suelen sacar de sus colonias más miel de la conveniente, de manera que las reservas dejadas no bastan para el invierno. Entonces, tienen que *alimentar* artificialmente a las colmenas durante el otoño, con una cantidad de azúcar que oscila entre 3 y 5 kilos por colmenas, suministrada en forma de solución azucarada que se coloca en el interior de aquéllas. Esto resulta muy aceptable para las abejas y ventajoso para el apicultor, ya que la miel vale más que el azúcar. Pero éste se encuentra a veces gravado con elevados impuestos, como en Alemania por ejemplo. Para fomentar el desarrollo de la apicultura el azúcar que precisan los colmeneros para la alimentación de sus colmenas queda exento de impuestos. Las autoridades fiscales alemanas tienen, como es lógico, el deseo de que este azúcar suministrado a precio reducido se destine, precisamen-

te, a las abejas, y no pase, por debilidades humanas, a aumentar los tarros de conservas de las amas de casa u otras aplicaciones semejantes. Por esta causa, el azúcar así suministrado se desnaturaliza para que resulte inutilizable para la alimentación humana.

Se han probado muchos métodos para desnaturalizar el azúcar, pero la mayoría demostraron ser inadecuados. Sólo el conocimiento del sentido del gusto de las abejas señaló un camino que representa la solución de tan viejo problema. Estaba desde luego indicado el utilizar la escasa sensibilidad de las abejas hacia lo amargo. Entre las substancias que se probaron hay una que, para el hombre, es de un amargor que le produce náuseas, incluso cuando se utiliza en pequeñas cantidades, pero que parece que para las abejas resulta completamente insípida. Considerada desde el punto de vista químico, esta substancia no es otra cosa que azúcar, al que se ha añadido un poquitín de ácido acético, nos referimos al cuerpo denominado *octoacetilsacarosa*. Los componentes del ácido acético que se unen a moléculas de azúcar las hacen amarguísimas para el hombre, sin sabor alguno para la abeja. A su empleo como desnaturalizante para el alimento azucarado de las colmenas se oponían su rareza en el mercado y su elevado precio. Sin embargo, los químicos han hallado un medio de fabricar tan amargo producto siguiendo modernos procedimientos muy económicos. Así preparado, recibe el nombre comercial de *Octosán*.

Cuando se mezcla una cantidad de azúcar con simples trazas de este azúcar amargo, el producto queda inadecuado para su utilización por el hombre. Pero las abejas beben sus soluciones acuosas con la misma delectación que si se tratara del más delicado néctar. Dada la naturaleza de este producto, se supuso, desde los primeros momentos, que no produciría daño alguno al ser aplicado para alimento de las abejas; cosa que también se ha comprobado tras largos años de experiencia. También para el hombre es el Octosán completamente inocuo; y esto es muy importante, pues aun

cuando es el cebo azucarado el elemento que sirve para alimentación de las abejas y no debe emplearse en forma que pueda venir a aumentar el depósito de miel, es inevitable que queden en el panal residuos, aun cuando pequeñísimos, que aparecen en la mercancía que se pone a la venta.

La miel desnaturalizada sería rechazada indefectiblemente por los compradores. Pero, el Octosán se descompone al hallarse formando parte de la miel y se desdobla en sus elementos constituyentes: es decir, azúcar y porciones pequeñísimas de ácido acético, con lo que desaparece el gusto amargo. Esto es, como si la naturaleza hubiera querido producir una substancia que viniera a llenar las exigencias de las autoridades fiscales y las necesidades de la apicultura.

9. LOS OJOS DE LAS ABEJAS Y SU CAPACIDAD

Visión cromática

Si el lector toma el desayuno al aire libre, durante su estancia en el campo, y la miel forma parte de su refacción, algunas abejas atraídas por el olor acudirán, probablemente, a compartir con él la golosina. Ésta es la ocasión de llevar a cabo un sencillo experimento, para el que no se necesitan más que una hoja de papel rojo y dos de papel azul del mismo tamaño: a ello es preciso añadir un poco de paciencia.

Quitemos de la mesa el tarro con miel, dejando antes caer un par de gotas de ella sobre la hoja azul. No tardarán mucho, algunas abejas, en encontrar la miel y ponerse a chupar en ella. Una vez lleno su estómago, iniciarán el viaje de regreso a la colmena; pocos minutos más tarde, las veremos regresar para saquear de nuevo el depósito alimenticio. Dejémoslas que realicen algunos viajes y luego pongamos a ambos lados de esta hoja de papel las otras dos, de modo que quedarán a un lado la hoja roja y al otro la restante azul, pero sin poner en ellas cebo alguno: luego retiremos la que contenía las gotitas de miel. Las abejas que vuelvan no se interesarán lo más mínimo por la hoja roja y, en cambio, revolotearán y recorrerán la azul, aun cuando nada encuentren en ella y no puedan percibir olor a miel (fig. 46). Parece, pues, que han observado que el alimento se hallaba en la superficie azul, lo que supone capacidad para distinguir un color de otro.

De tales experiencias se deduce, también, que las

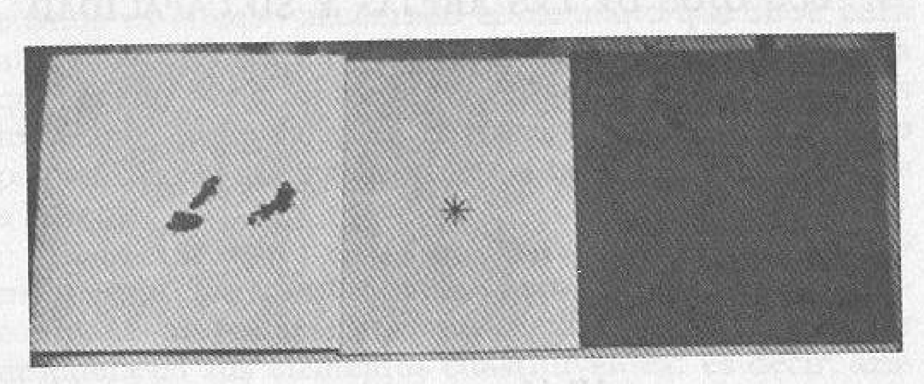


FIG. 46. Abejas que fueron adiestradas a buscar alimento sobre un papel azul (el marcado con asterisco), buscan en otro papel azul exento de cebo, mientras no prestan la menor atención a un papel rojo (a la derecha)

abejas poseen una visión cromática. No es demasiado raro encontrar personas cuya visión cromática se encuentra más o menos reducida con respecto al tipo de vista normal y existen, aunque en número mucho menor, personas totalmente ciegas al color. Una de éstas verá un paisaje como un hombre de vista normal lo ve en una fotografía ordinaria, de manera que los colores son, para él, únicamente gradaciones grises de la claridad. Si ponemos ante una persona que sufre este defecto nuestros papeles azul y rojo, los puede distinguir perfectamente uno de otro, y no los confundirá nunca, pero no percibirá los colores, que para ella no existen, sino solamente el grado de claridad de cada hoja: la roja como muy oscura, casi negra; la azul en forma de gris mucho más claro. La impresión será, pues, completamente análoga a la que produce en nosotros la fotografía. Para él, cada color tiene un determinado grado de claridad.

Por tanto, debemos repetir el experimento en distinta forma, para lo que habituamos a las abejas al azul, alimentándolas sobre este color en medio de un tablero de ajedrez de colores grises de diversa intensidad sin cebo alguno. Como ocurría en el adiestramiento al olor, un continuo cambio del lugar de colocación del azul que contiene el platillo con el cebo evita que se acostumbren

a un lugar dentro del conjunto. En este caso tampoco se las alimenta con miel, sino con agua azucarada inodora. Para realizar el experimento definitivo se cambian todas las hojas por otras nuevas y limpias: en este caso sobre la hoja azul se ha colocado un platillo *vacío* y limpio. Veremos que las abejas habituadas a la hoja azul acuden ahora directamente y se posan en ella sin la menor dubitación (fig. 47). Esto nos lleva ya a deducir que distinguen perfectamente la hoja de este color entre todas las restantes, que ofrecen distintas tonalidades grises: luego, el ojo de las abejas es sensible al color.

También se posarán en la hoja azul aun cuando cubramos la totalidad de su superficie con un cristal.

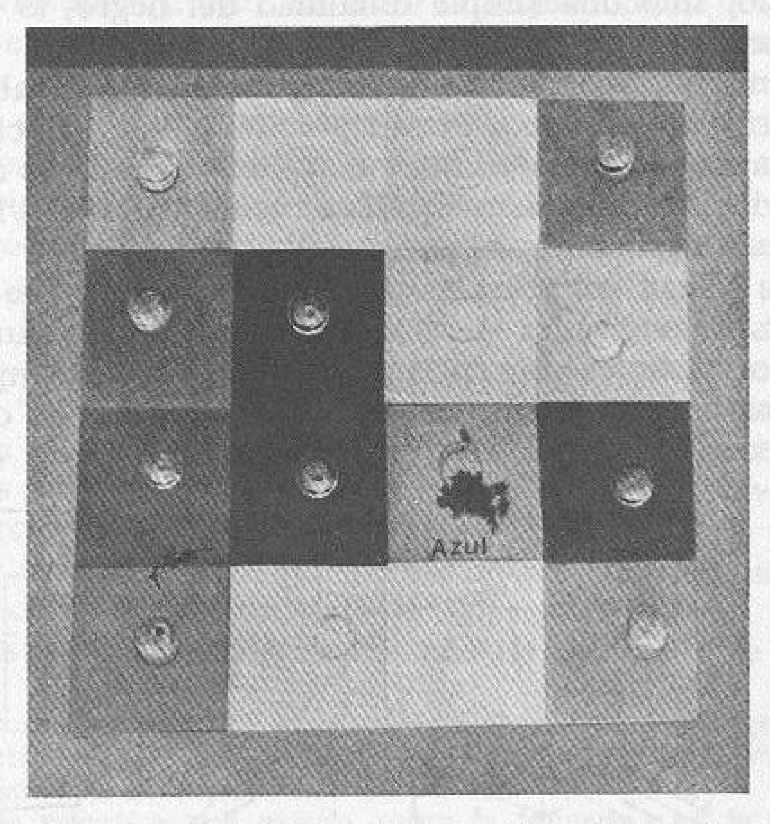


FIG. 47. Demostración de la visión cromática. Una hoja de papel azul entre papeles de diversas tonalidades en gris. Sobre cada hoja hay un platillo vacío, incluso sobre la azul. Las abejas adiestradas a tomar su alimento sobre un fondo azul se reúnen sobre la hoja de este color, demostrando que lo distinguen entre todos los matices del gris

Con esta actitud nos demuestran que realmente para ellas tiene importancia el aspecto del color azul y que no es el *perfume* inapreciable a nuestro olfato lo que las atrae. Ningún perfume u olor se podría percibir a través de un cristal.

Realicemos ahora la experiencia con un papel amarillo: obtendremos exactamente los mismos resultados. Pero si utilizamos una hoja de color rojo experimentaremos una viva sorpresa; en el tablero de distintos colores y agrisados, las abejas habituadas al color rojo no sólo acuden a él, sino que también vuelan y se posan sobre el área negra y las de tonalidades más oscuras (fig. 47). El rojo y el negro se perciben indistintamente por el ojo de la abeja: el rojo no es para ella color alguno, sino una simple tonalidad del negro, lo mismo que le ocurre al ciego para el color.

En otro aspecto, en cambio, el ojo de la abeja es superior al humano. Puede percibir con toda claridad los rayos ultravioleta, que no se hacen sensibles a nuestra vista. Ultravioleta significa: «más allá del violeta». Tiene la siguiente relación:

La blanca luz solar es una mezcla de rayos de luz de diversas longitudes de onda. Si se hace que un rayo de sol atraviese un prisma, la luz se descompondrá ordenadamente según las diversas longitudes de onda, y aparecerá la banda del espectro solar (fig. 48) con su

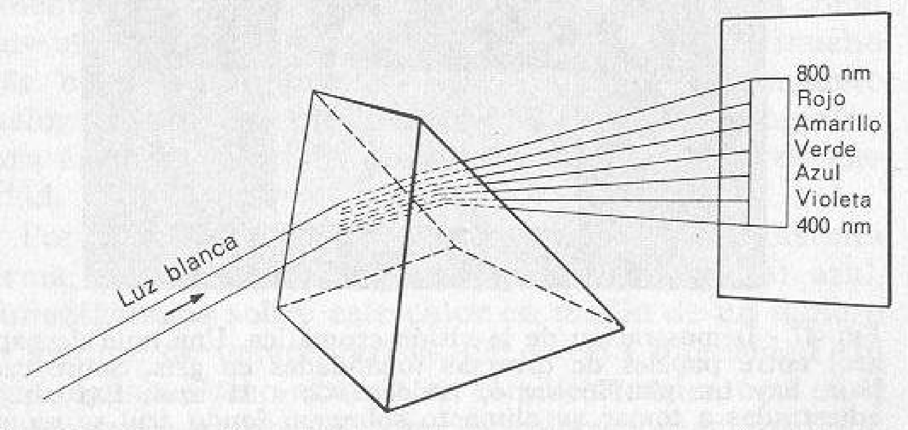


FIG. 48. Formación del espectro mediante refracción de los rayos por un prisma

admirable gama de colores, formando el arco iris. Cada longitud de onda corresponde a una apreciación de color. Las longitudes de onda más largas las vemos de color rojo. En términos absolutos, estas «grandes» ondas de luz son tan pequeñas que se miden en nm [1] (en micras o milésimas de milímetro). La cinta de color va desde el rojo, con una longitud de onda de 800 nm, hasta el violeta. La vista humana llega a ver hasta una longitud de onda de 400 nm. La luz solar contiene ondas cortas, es decir, rayos ultravioleta. Para las abejas la visión desaparece a los 300 nm. El ultravioleta es para las abejas una tonalidad especial, además de ser el color más claro y resplandeciente de todo el espectro solar.

Si volvemos a unir los colores adquiridos al descomponer el color blanco, aparecerá según nuestra apreciación la luz blanca. La misma impresión del blanco podemos obtenerla si sacamos del espectro solar los tres «colores base»: rojo, verde y azul, y los mezclamos en la debida proporción [2] o si bien seguimos el mismo proceso con determinados «pares de color» (colores complementarios, por ejemplo rojo y azul verdoso).

Los colores del espectro solar se entremezclan lentamente del rojo al amarillo, verde, azul verdoso, azul y violeta. Los terminales de rojo y violeta también se pueden unir a la inversa en etapas intermedias y si mezclamos radiaciones solares rojas y violetas en diversas proporciones se forman los tonos púrpura que no están de por sí incluidos en el espectro solar, pero que cierran el espectro solar en un ciclo de colores (fig. 49 *a*).

Existen unas reglas de mezclas de colores muy simi-

1. n es la abreviatura de nano (del gr. *naunos*), pequeño; nanómetro es una medida de longitud equivalente a la mil millonésima parte del metro.

2. Se refiere a una mezcla sobre la influencia en la retina (mezcla mediante *adición* de los colores). Si el pintor mezcla en su paleta dos colores, ambos, cada uno por su cuenta, sustraen distintos sectores del espectro de la luz y se forma por *sustracción* un color totalmente distinto; al contrario de lo que ocurre con la mezcla por adición.

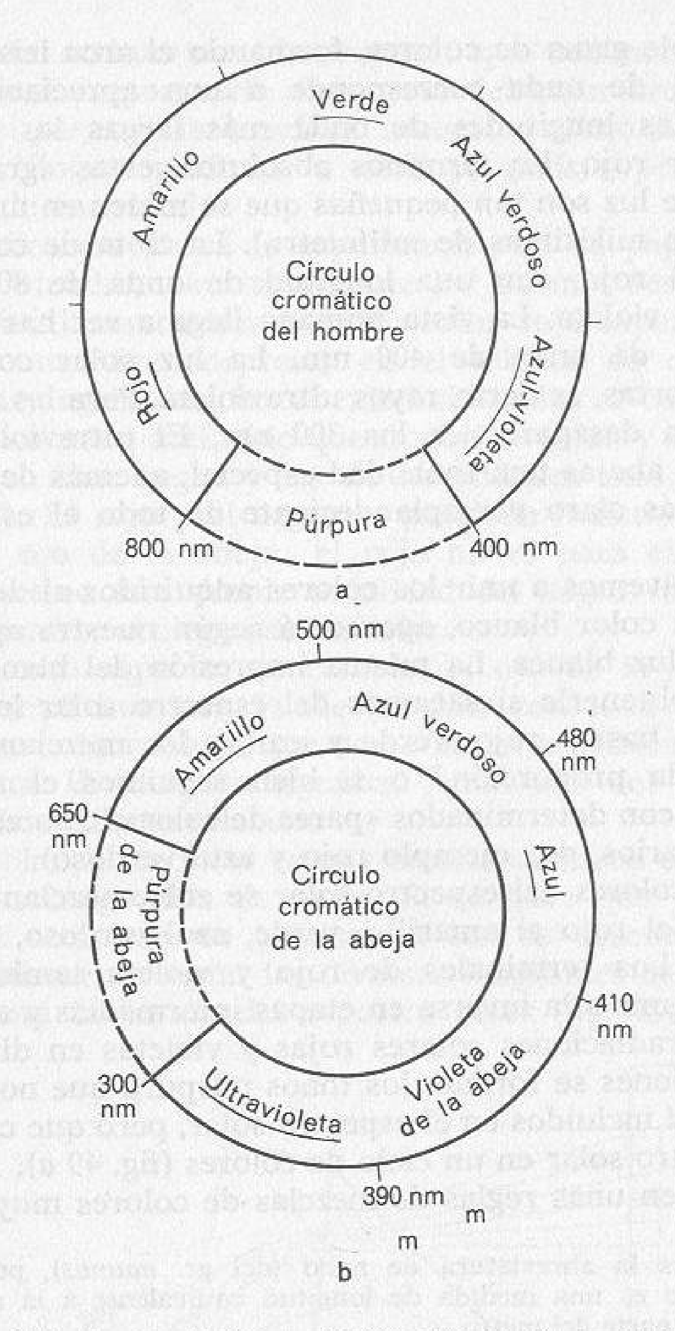


FIG. 49. Círculo cromático *a*, del hombre; *b*, de la abeja (esquema). Los tres colores elementales han sido subrayados. Mediante su mezcla se obtienen los colores intermedios. Los colores complementarios están opuestos en las figuras. (*Según* DAUMER, *modificado*)

lares para las abejas, aunque sus órganos visuales son de diferente construcción a nuestros ojos (ver páginas 113 y ss.). También para ellas existe un «blanco» que es la mezcla de los colores del espectro solar: visibles a *las abejas*, así como de los tres colores base de las abejas: amarillo, azul y ultravioleta (o de dos colores complementarios para las abejas); este blanco no tiene parecido por ningún otro *color*. También para ellas se forman nuevas tonalidades de color que no están incluidas dentro del espectro solar si se mezclan entre sí las radiaciones solares situadas en las terminales del espectro solar de las abejas (amarillo y ultravioleta); como parecido para el ser humano, se puede hablar de un «*púrpura de abejas*» (ver fig. 49 *b*). Son más parecidos para las abejas el rojo anaranjado, amarillo y verde, así como el azul y el violeta, mientras que en los extremos cercanos al ultravioleta se forman para las abejas nuevas tonalidades de color («*violeta de abejas*»), para nosotros inapreciables.

La posibilidad de formar todas las tonalidades de colores, así como el blanco y el gris, mezclando sólo tres colores del espectro diferentes, se puede explicar si aceptamos tres variedades celulares de sentido del color. Ha resultado correcta la teoría de Helmholtz sobre el hombre, que habla acerca de la visión de los colores: esto después de cien años y gracias a los experimentos llevados a cabo con la vista de la abeja. Igual que en los órganos de sentido táctil (p. 88), fue posible medir y observar en el ojo los procesos de excitación de las diversas células sensoriales mediante una técnica electrofisiológica muy depurada. Realmente existen tres tipos distintos cuya gran sensibilidad está situada bien en el amarillo o en el azul o en el ultravioleta. Asimismo fue posible la misma prueba aunque con distinto método.

Realmente, la vista de las abejas guarda más semejanza con la del hombre de lo que en un principio se pensaba. La gran diferencia está en su ignorancia ante el rojo y su hipersensibilidad ante el ultravioleta. La sensación que recibe realmente ante estos colores es

cosa de la que no podemos formarnos ninguna idea. Ni siquiera sabemos lo que experimentan nuestros semejantes cuando dan los mismos nombres a los mismos colores que nosotros, puesto que ningún ojo humano ha podido asomarse a las percepciones de un alma ajena.

El ojo de las abejas y los colores de las flores

El que piense que la magnificencia cromática de todas las flores de la Tierra se ha creado solamente para recreo de nuestra vista, deberá estudiar algo sobre el sentido cromático de sus visitantes alados y sobre las propiedades de los colores de las flores, y, a buen seguro, cambiará radicalmente de opinión.

En primer lugar, llama ya la atención el hecho de que no todas las fanerógamas produzcan flores vistosas. Numerosos vegetales, como las gramíneas (cereales), los pinos, los olmos, los chopos y otros muchos, producen flores pequeñas, poco llamativas, que no segregan nada de néctar, y a las que no acude insecto alguno. El transporte del polen se realiza en estos casos por la acción del viento, y al azar. Tales plantas, para mayor seguridad, producen grandes cantidades de polen limpio, ligero y seco. Frente a las plantas cuyo polen es conducido por el viento *(aneófilas)* se encuentran las que se valen para ello de los insectos *(entomófilas)*. Atraen con su néctar a los visitantes que se encargan del transporte a otras flores. Las flores de las plantas que se fecundan de este modo son llamativas, bien por sus vistosos colores, bien por sus penetrantes aromas: son las que más apropiadamente reciben el nombre de *flores* en su acepción usual.

Podríamos establecer una relación más precisa: de la misma manera que el antiguo posadero colgaba ante su casa una muestra de formas o colores llamativos para atraer a los viajeros, invitándolos a entrar en ella, recibiendo con ello una ganancia y obteniendo el vian-

dante un refrigerio, las flores muestran sus llamativos pétalos para atraer desde la lejanía a las abejas, avisándolas de que allí existe miel y señalándoles dónde deben dirigirse para cambiar un servicio. Una vez deducido, en esta forma, el sentido profundo de los colores de las flores con respecto a lo que ven los polinizadores, podemos esperar que se relacionen las particularidades de la visión cromática de tales visitantes con la naturaleza o características de los colores de las flores. Así ocurre en la realidad.

Mucho antes de que se conocieran las particularidades estudiadas acerca de la visión cromática de las abejas, había llamado la atención de los botánicos, quienes no pudieron por menos de expresar su asombro, el hecho de que en la flora europea existen muy pocas flores de color rojo. Precisamente, éste es el único color que no es visible para las abejas, por lo que las flores que lo poseen no llaman la atención de los animalillos. Muchas, consideradas como flores «rojas», tales como los brezos, la rosa de los Alpes, el trébol rojo, el ciclamen y otras, no presentan la coloración roja a que nos referimos, sino que casi todas poseen un color púrpura.

¿Será difícil para las plantas producir una coloración escarlata? Esto no puede ser, pues las plantas de los trópicos —introducidas en gran extensión en nuestros jardines, por la belleza de sus colores— presentan, con extraordinaria frecuencia, un vivo color escarlata. Pero, y esto lo saben ya hace largo tiempo los que se ocupan de biología floral, estas plantas de color escarlata de los trópicos no son polinizadas por las abejas, ni por ninguna otra clase de insectos, sino por avecillas de pequeño tamaño, por los colibríes y los pájaros melífagos, que, volando ante las flores, succionan con sus largos picos el abundante néctar del que se alimentan (fig. 50). Las investigaciones realizadas han demostrado que precisamente este color rojo para el que las abejas son ciegas es el más aparente para el ojo de tales pajarillos.

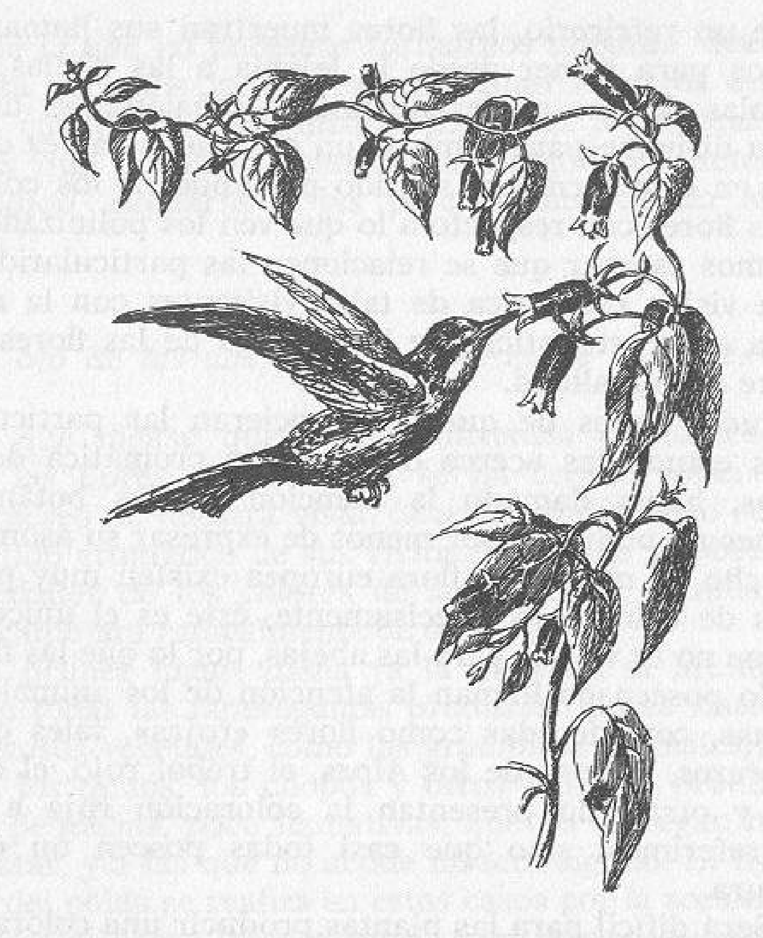


FIG. 50. Colibrí ante la flor de una planta trepadora *(Manettia bicolor)*, suspendido en el aire y sorbiendo néctar. *(Según Porsch)*

Y todavía podemos establecer otra relación entre los colores de las flores y sus visitantes, conocida desde hace largo tiempo y de la que se ha hablado mucho antes de que experiencias relativamente recientes hayan dado la explicación: las pocas flores indígenas cuyo color se aproxima más al rojo puro, como diversos claveles y la *Silene acaule*, no son visitados casi nunca por las abejas, sino por mariposas diurnas, que extraen la miel depositada en el fondo de sus profundos cálices, utilizando largas trompas. Dada la profundidad de los nectarios de estas flores, resultan más apropiadas para ser visitadas por los insectos poseedores de trompas muy desarrolladas. Por lo que sabemos, estas mariposas

diurnas son los únicos insectos que, en oposición a las abejas, no son ciegos para el color rojo.

Realmente ya no puede exigirse más. Es como si en el color de las flores se reflejara la sensibilidad a la ceguera para el rojo de sus visitantes. Era de esperar, y se comprobó, que también la sensibilidad al ultravioleta por parte de las abejas tiene repercusión en los colores de las flores. Si bien esto no puede verificarlo nuestro propio ojo, que no aprecia el ultravioleta. La primera sorpresa, a este respecto, ocurrió con las flores de adormidera. Éstas constituyen los ejemplares, casi únicos, de color rojo puro en nuestro país, siendo ávidamente visitadas por las abejas. Nosotros no nos damos cuenta de que sus pétalos reflejan, además de las radiaciones rojas, que resultan invisibles para las abejas, radiaciones ultravioleta. De manera que la adormidera es roja para nosotros y ultravioleta para las abejas. Lo mismo ocurre con las judías de flor roja. Sobra pues el comentario de que las flores hubieran adquirido un color invisible a las abejas. Las propias flores blancas son de color para las abejas. El segundo y no menos sorprendente descubrimiento estribó en averiguar que todas las flores que para nosotros son blancas, filtran o absorben las radiaciones ultravioletas, lo cual escapa a nuestro ojo. El ojo de la abeja percibe tales flores como verdeazuladas, que es el color complementario del ultravioleta. Esto tiene gran importancia, porque, para las abejas, el *blanco* es la mezcla de todos los colores que perciben, incluyendo el ultravioleta, y resulta menos llamativo para ellas que este color. Adiestrar a las abejas a un blanco así concebido ofrece algunas dificultades y, en el mundo de las flores, se buscaría en vano este matiz. Donde nosotros vemos las blancas estrellas de las margaritas de los prados, lucen para las abejas puntitos verdeazulados sobre la hierba de color amarillo pálido. Las flores del manzano, las anémonas, las rosas blancas, ofrecen a sus visitantes, amantes del color, atrayentes y cromáticos reclamos.

Si los pétalos tienen un aspecto multicolor gracias

a la *falta* de luz ultravioleta, en otros casos su encantador colorido se debe a *la adición* de esta luz, que escapa a nuestra retina. Así, por ejemplo, las flores amarillas del erísimo *(Erysimum helveticum)*, el nabo *(Brassica napus)* y la mostaza *(Sinapis arvensis)* nos parecen del mismo color. No ocurre así con las abejas. Para ellas, sólo el erísimo *(Erysimum helveticum)* es «amarillo». Las flores del nabo *(Brassica napus)* irradian también un poco de ultravioleta, y son por tanto de «tonalidad púrpura» (ver p. 99). La mostaza *(Sinapis arvensis)*, cuyos pétalos reflejan mucho el ultravioleta, despide, a los ojos de la abeja, un «rojo púrpura». Queda claro que la abeja diferencia con facilidad estas tres especies. La figura 51 muestra fotos de las tres flores mencionadas, a la izquierda con un filtro sólo de luz amarilla, a la derecha con un filtro ultravioleta. Se puede apreciar que las tres flores irradian regularmente la luz amarilla, mientras que el ultravioleta, invisible a nuestro ojo, lo reflejan con intensidad diversa. Lo mismo ocurre para muchas otras flores que aparentan ser todas azules o todas amarillas. No es raro que en una flor quede destacado el lugar donde encontrar el alimento con una marca de color muy chillón: se trata del «*lunar del jugo*». Todos conocemos el círculo amarillo en el nomeolvides, a través de cuyo punto central la abeja tiene que introducir su trompa para llegar hasta la miel. En las primaveras (fig. 52) las flores de un amarillo claro tienen un lunar del jugo de color más oscuro. Sólo hace falta prestar algo de atención a las flores para encontrar más ejemplos de este tipo. Mientras que el color de la flor es por sí mismo un atractivo para la abeja, el lunar del jugo es la marca donde ella puede encontrar consuelo y ayuda; se podría decir que significa para ella lo que para nosotros el cartel «restaurante». La señalización se hace aún más significativa debido a que el lunar del jugo de tonalidad más oscura tiene un olor más fuerte, incluso distinto del resto de la flor. El lunar del jugo óptico se convierte para la abeja también en «*lunar perfumado*». Nosotros no po-

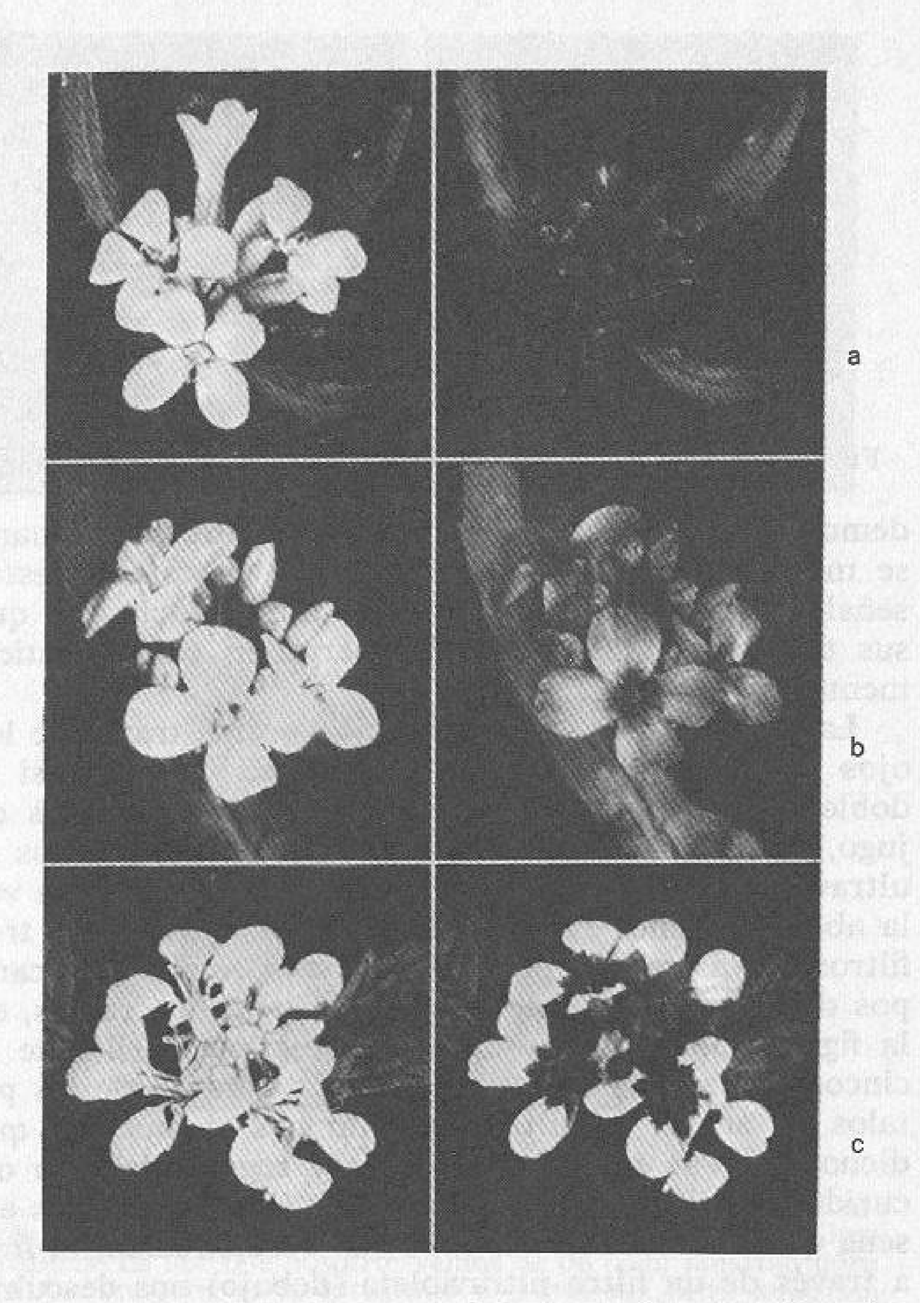


FIG. 51. Flores de: *a*, *Erysimum helveticum*; *b*, nabo *(Brassica napus)*, y *c*, mostaza *(Sinapis arvensis)*, fotografiadas con filtro amarillo a la izquierda, con ultravioleta a la derecha. La reflexión ultravioleta con distintos grados de intensidad produce para los ojos de las abejas tonalidades claramente diferenciadas de las flores, mientras nosotros las vemos de un color amarillo homogéneo. *(Según* DAUMER*)*

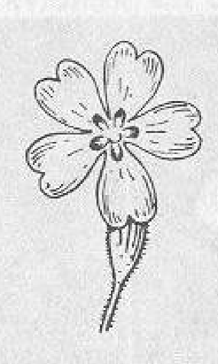
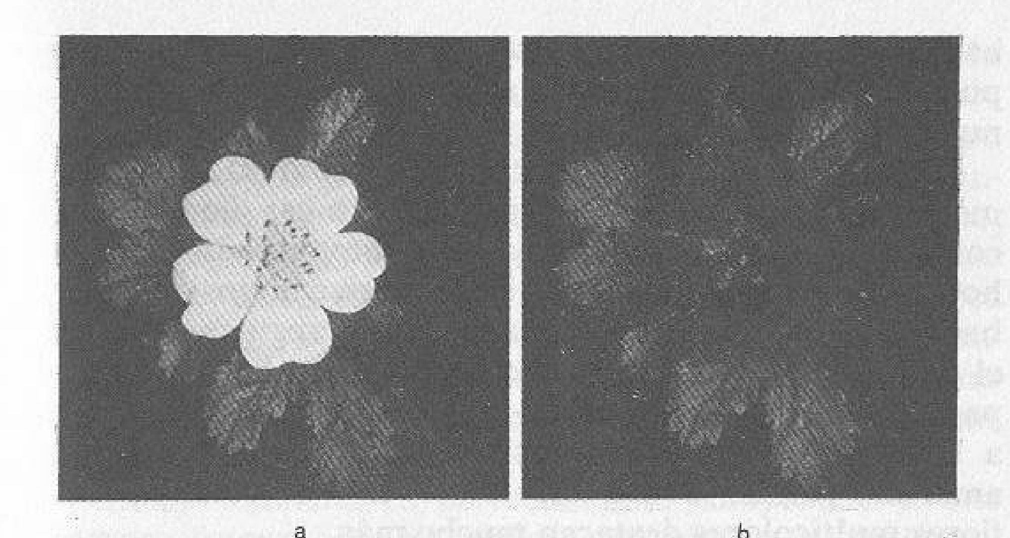


FIG. 52. Primavera *(Primula acaulis)* con la señal de néctar.

demos apreciarlo ya que al inspirar el aire por la nariz se mezclan los olores. Para la abeja, en cambio, estas señales olorosas revisten capital importancia, ya que sus trompas sensibilizadas les permiten «oler plásticamente» (ver p. 88).

La persona que fuera capaz de mirar a través de los ojos de la abeja quedaría sorprendida de ver casi el doble de clases de flores con maravillosos lunares de jugo, inapreciables por nuestros ojos que son ciegos al ultravioleta. Para poder apreciar lo que es capaz de ver la abeja podemos fotografiar las flores a través de tres filtros, cuya transparencia corresponda a los tres campos de colorido base del ojo de la abeja. Así vemos, en la figura 53, la flor para nosotros toda amarilla de la cincoenrama *(Potentilla reptans)*: la claridad de los pétalos al acoger el filtro amarillo nos demuestra que dicho color se refleja con fuerza y regularidad; su oscuridad en el foto derecha superior (filtro azul) nos enseña que los rayos de luz azul han desaparecido; la foto a través de un filtro ultravioleta (debajo) nos descubre la aparición sorprendente de un lunar del jugo, inapreciable para nosotros: la parte exterior de los pétalos refleja el ultravioleta, originando la mezcla de color amarillo y ultravioleta, «*púrpura de abejas*». Las partes interiores se comieron el ultravioleta, de modo que para el ojo de la abeja se forma un lunar del jugo amarillo dentro de un entorno color púrpura. Pudimos compro-



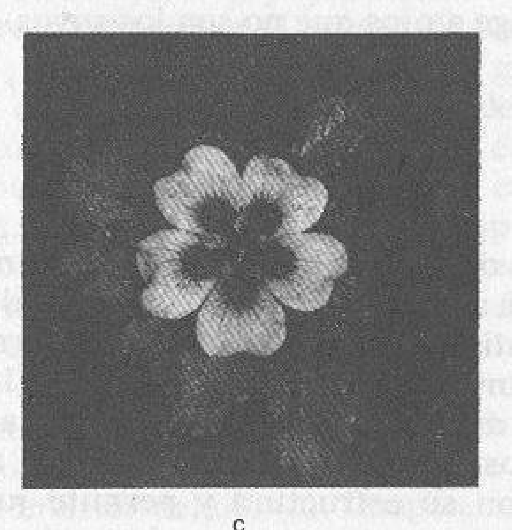


FIG. 53. Flor y hojas de la cincoenrama *(Potentilla reptans)* fotografiadas: *a* con filtro amarillo, *b* con filtro azul y *c* con filtro ultravioleta. La flor que nosotros vemos de un color amarillo puro refleja fuertemente en la fotografía a través del filtro amarillo, no refleja en absoluto a través del filtro azul y —únicamente en los extremos de los pétalos— refleja intensamente a través del filtro ultravioleta. De esta manera aparece una señal de néctar, invisible para nosotros, que tiene un color amarillo puro, mientras su alrededor es de color «púrpura». Las hojas, debido a una reflexión regular débil en las tres tonalidades elementales de las abejas, son casi incoloras para éstas. Los tonos de gris, fotografiados al mismo tiempo y que se ven al pie de las figuras, sirven para la determinación fotométrica de la reflexión.
(Según DAUMER*)*

bar en algunos experimentos con abejas lo eficaz que pueden llegar a ser estos lunares del jugo, ocultos a nuestro alcance.

En la figura 53 hacemos otro descubrimiento que realmente da un sentido más profundo a las flores y su colorido. Junto con la flor se han fotografiado algunas hojas verdes. Reflejan la luz en los tres campos de color base para la abeja de forma bastante regular, sólo en el amarillo algo más fuerte. Esto es válido también para otras hojas del follaje, que nos resultan verdes y a la abeja de un gris transparente con una tonalidad amarilla pálida. Sobre un fondo tan descolorido las flores multicolores destacan mucho más.

Pero el amigo de la naturaleza no debe dejar entibiar su amor a las flores, al enterarse que el reclamo de sus colores se dirige a ojos que no son los suyos.

De la estructura del ojo

El que un ojo sea o no ciego al color no puede deducirse de su anatomía, pues esta capacidad se funda en lo más íntimo de su estructura interna y escapa incluso a la investigación microscópica. El que un ojo perciba con mayor o menor claridad las formas y detalles de los objetos está, en cambio, íntimamente relacionado con su estructura y permite juzgar al anatomista, por su aspecto externo, si un ojo determinado procede de un miope.

Pero cuando hacemos la disección del ojo de una abeja o de cualquier otro insecto, intentando deducir de su estructura la capacidad visual, nos fallan todas las experiencias y conocimientos que tenemos adquiridos en el estudio del ojo humano. Los ojos de los insectos se encuentran construidos en forma totalmente diferente de los nuestros. Para el naturalista resulta muy interesante inquirir los medios y caminos mediante los que la naturaleza ha llegado a conseguir los

mismos resultados en hombres y en abejas, utilizando métodos tan fundamentalmente diferentes.

Los detalles estructurales del ojo de la abeja son tan numerosos y delicados, que casi dejan en la sombra la maravilla de construcción que es el ojo humano. Una comprensión perfecta del problema sólo es posible mediante un serio estudio, y daría lugar a grandes discusiones, incluso en el campo de la física. Sin embargo, la oposición fundamental entre ambos planes constructivos puede explicarse de manera clara en pocas palabras.

El *ojo humano* es perfectamente comparable a una cámara fotográfica. El agujero situado en la parte anterior de la cámara, corresponde al lugar de entrada de los rayos en el ojo, a la pupila. De la misma manera que el fotógrafo amortigua el exceso de luz, cuando éste se produce, mediante la conveniente graduación de abertura del diafragma, se cierra el *iris* del ojo humano bajo la acción de la intensa luz solar, estrechando la pupila y protegiendo el interior del ojo contra la excesiva claridad. La lente del objetivo del aparato fotográfico corresponde exactamente al *cristalino.* Ambos elementos tienen la misma función e idéntica forma. Cuando miramos a un punto luminoso situado en la lejanía (fig. 50, *A*), que distribuye su luz en todos sentidos, la lente concentra todos los rayos luminosos que penetran a través del orificio, y los reúne en un punto situado en el interior del ojo (*a*). Imaginemos un segundo punto del objeto *B*, situado encima del anterior: la lente concentrará los rayos que de él proceden en el punto *b* del interior del ojo. Lo mismo podremos decir de los rayos procedentes del punto *C*, situado por debajo de *A*, que se reunirán en el punto *c*. El lector puede imaginarse estos puntos como formados por tres estrellas en el firmamento, o por tres llamitas situadas una sobre otra. Lo mismo podemos representarnos de cualquier punto no luminoso por sí, siempre que esté debidamente iluminado por la luz del sol, o por cualquier manantial lumínico; el punto, en este caso, re-

flejará la luz que sobre él incide y la lanzará en todas direcciones, como si se tratara de un punto luminoso. Ahora bien, partiendo de esto podemos imaginar todos los objetos que se encuentran dentro de nuestro campo visual como formados por un gran número de puntos, para cada uno de los cuales podemos aplicar los razonamientos hechos para los *A*, *B*, *C*, y entonces vemos claramente que la lente formará, en el interior

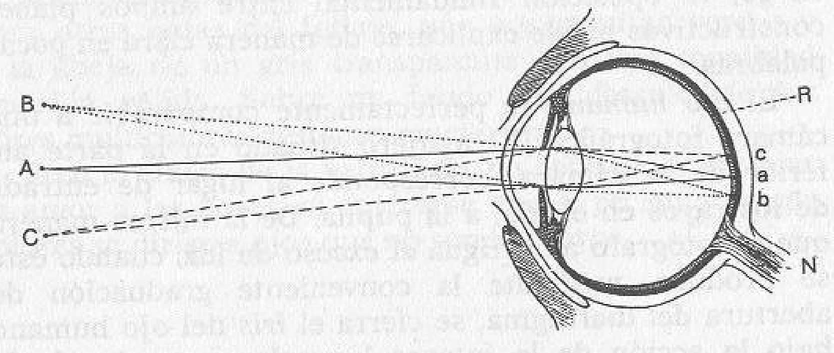


FIG. 54. Ojo humano: *R*, retina; *N*, nervio óptico. (Explicación en el texto)

del ojo, una imagen invertida del objeto considerado. Esta imagen será más pequeña que el objeto, pero perfectamente clara, y lo reproducirá en todos sus detalles lo mismo que la lente del aparato fotográfico forma sobre el vidrio deslustrado o sobre la placa sensible una imagen nítida, reducida e invertida, del objeto.

La diferencia esencial que existe entre la cámara y el ojo humano se refiere a la manera de valorar o utilizar tal imagen. En la cámara, la imagen queda fijada sobre la placa de manera instantánea, y en esta forma puede conservarse. El lugar que ocupa en la cámara la placa fotográfica es ocupado en el ojo por la *retina*, por cuyo intermedio percibimos la imagen con todos sus detalles y sus gradaciones de luz y sombra que se reproducen instantáneamente a cada momento siguiendo las variaciones de lo contemplado. Este órgano *(retina)* consiste en un finísimo mosaico de elementos baciliformes sumamente pequeños, tanto, que se pre-

cisan muchos cientos de ellos para cubrir por completo la longitud de un milímetro y se halla enlazado cada uno con el cerebro mediante una fibra nerviosa. El conjunto de estas fibras constituye un haz de diámetro considerable: el denominado *nervio óptico* que enlaza el ojo con el cerebro. Cada punto luminoso que llega hasta la retina produce la excitación de la fibra correspondiente, que se transmite al cerebro y que es donde se produce la *sensación*, y no en la retina. De la misma manera se percibe un punto de luz en la noche que el infinito número de puntos que forman un objeto, o el conjunto de objetos que quedan dentro de nuestro campo visual, iluminados por la luz diurna, cuyos puntos se integran unos con otros en una imagen única. Algunas veces se ha hecho la pregunta de cuál es la causa de que veamos las imágenes en su posición normal, cuando en la retina se proyectan o producen invertidas: en realidad esta pregunta carece de sentido, porque la imagen se percibe en el cerebro y no en la retina, y en el cerebro los puntos de la imagen se forman según una disposición distinta condicionada por el trayecto de las diferentes fibras nerviosas.

El *ojo de la abeja*, lo mismo que el de otros muchos insectos, carece de pupila, de iris y de cristalino. La retina colocada en el fondo del ojo, es semejante a la del hombre, pero la imagen se produce en ella de manera distinta. Los ojos, fuertemente convexos, se encuentran situados a los lados de la cabeza (fig. 16). Su superficie mirada con lupa, ofrece un aspecto muy interesante, por estar dividido en múltiples facetas poligonales (fig. 55). De manera que ya desde fuera se reconoce una estructura interna muy diferente de la del ojo humano; pero sus detalles no pueden apreciarse más que en una sección del ojo hecha con el debido cuidado (figs. 55 y 56). Su superficie, dividida en innumerables campos, se encuentra recubierta, como todo el cuerpo del insecto, de una formación de quitina, correspondiente a la córnea que protege el exterior de nuestro ojo. A cada una de las facetas de esta córnea le corres-

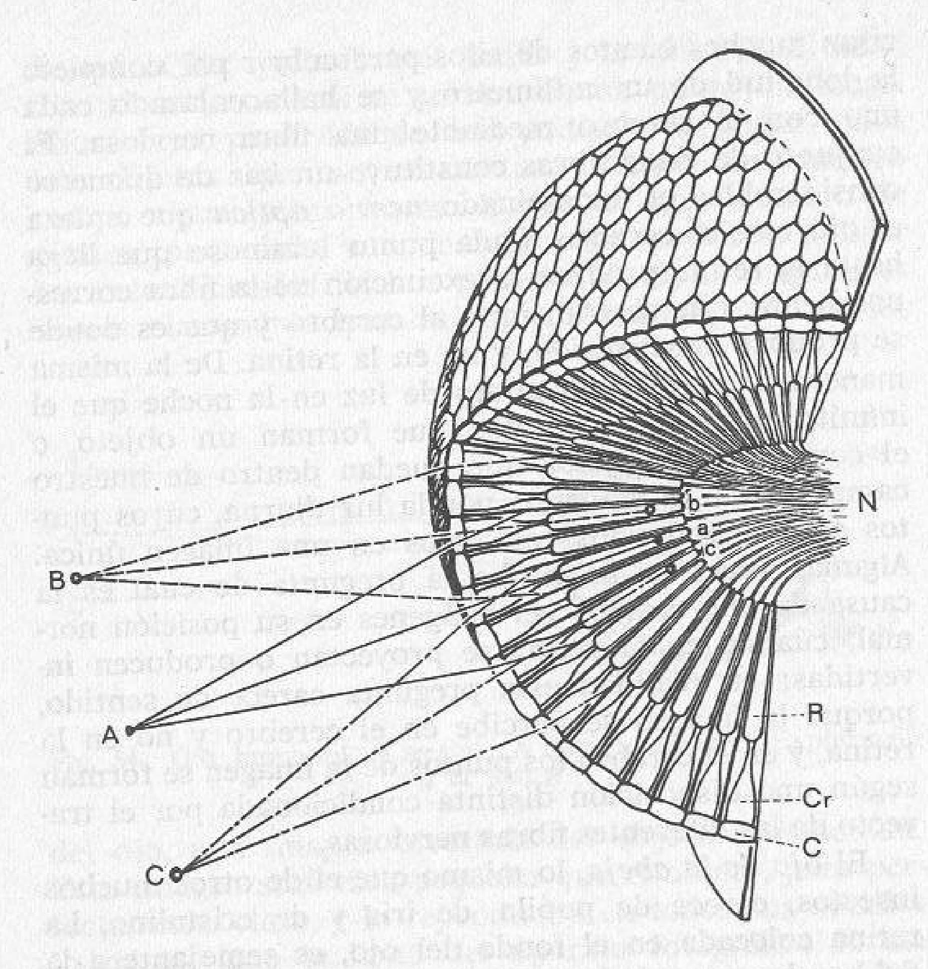


FIG. 55. Ojo faceteado de una abeja (esquema). *C*, córnea; *Cr*, cono cristalino; *R*, rabdomas; *N*, nervio óptico. A los puntos *A*, *B* y *C* en el campo visual corresponden las imágenes *a*, *b* y *c* en la retina, produciéndose una imagen derecha

ponde, situada inmediatamente debajo, una formación transparente y cónica: el *cono cristalino* (figs. 55, *Cr*, y 56, *K*), mediante el cual se concentran los rayos solares recibidos en la dirección de su eje, y se conducen a los *rabdomas de retínula (R)*. El conjunto de estos bastoncitos es lo que constituye la retina de todo el ojo. Cada faceta con su porción tubular y la correspondiente retina en miniatura o *retínula* constituye un elemento del ojo compuesto u omatidio. El ojo de la abeja se compone pues de aproximadamente 500 omatidios co-

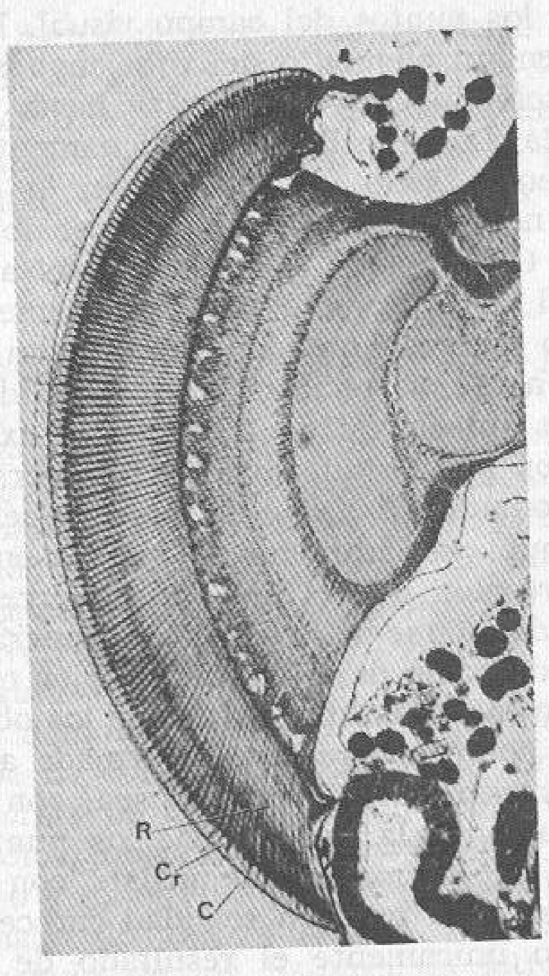


FIG. 56. Sección transversal del ojo de una abeja. *H*, córnea; *K*, conos cristalinos; *N*, retínulas. En la parte superior, al hacer la preparación, se ha separado un poco la córnea de la capa de conos cristalinos. *(Fot. E. Langwald)*

locados muy próximos uno al otro. Se hallan dispuestos, y esto es lo más importante, de manera que el eje de cada elemento forme un ángulo muy pequeño con los de los inmediatos, de manera que no existen dos de ellos que se encuentren dirigidos en la misma dirección. En su parte intermedia, cada ojo elemental se halla lateralmente rodeado por una capa negra opaca a la luz, como la media envuelve a la pierna.

Imaginemos un punto luminoso *A*, situado en un lugar del campo visual del ojo, que lanza radiaciones en todos sentidos. Los rayos luminosos llegarán al ojo

desde todos los puntos del campo visual. Pero sólo el que incide en un elemento del ojo, cuyo eje tenga la misma dirección del rayo *a*, llegará hasta el rabdoma de la retínula. Los que lleguen oblicuamente a los restantes elementos serán absorbidos en la cubierta de pigmento y no lograrán alcanzar el sensible rabdoma de retínula. Otro punto, *B*, situado más arriba en el campo visual, será recibido por otro elemento u omatidio del ojo de posición más elevado; un tercero, *C*, situado más abajo, se recibirá en un omatidio colocado debajo de los anteriores (fig. 55). Esto se extiende para los numerosos puntos que pueden suponerse en el espacio. Cada omatidio percibe así una pequeñísima porción del campo: precisamente la que se encuentra en la misma dirección que el eje óptico correspondiente. Como puede deducirse de lo dicho, de manera inmediata y de la consideración de la figura, también en este caso se produce en la retina una imagen de los objetos, pero no invertida, como ocurre con la formada a través del cristalino humano, sino directa, o sea, con exacta correspondencia entre la posición de los puntos del objeto con los de la imagen. Se insiste con frecuencia sobre tal diferencia, pero en realidad carece de importancia, siendo únicamente el resultado de la diversa constitución de la retina. En la abeja, el campo visual se subdivide en la superficie externa del ojo, descomponiéndose en un mosaico de partecillas de imagen, que son conducidas a los rabdomas por los correspondientes conos cristalinos, y desde aquéllos se transmiten las sensaciones al cerebro. En el ojo humano, la imagen proyectada por el cristalino sobre la retina se descompone para formar un mosaico análogo, en el interior del ojo, en la misma retina, que también lo transmite al cerebro. En uno y otro caso la misión del cerebro consiste en integrar nuevamente las diversas partecillas del mosaico, de lo que resulta la sensación o percepción de la imagen.

En la figura 55 se ha representado esquemáticamente y de manera ampliada la estructura del ojo de

un insecto, para que pueda comprenderse con facilidad la formación de las imágenes. La figura 56, que reproduce la microfotografía de una sección del ojo de una abeja, permite darse cuenta del elevado número y de la regularidad con que se disponen los ocelos en la realidad.

Agudeza visual y percepción de las formas por las abejas

Ahora interesa saber cuál puede ser la agudeza visual del ojo de los insectos, que tan considerablemente difiere del nuestro, tanto en detalles constructivos como en fundamento, con respecto a los objetos situados en sus alrededores que deban ser vistos por los animales. Existen diversos caminos para obtener elementos de juicio en esta materia.

El más demostrativo es siempre la observación inmediata. Se ha conseguido obtener la imagen formada sobre la retina de una luciérnaga, por el conjunto de sus omatidios, observarla aumentada a través de un microscopio y fotografiarla (fig. 57). La fotografía muestra la imagen de una ventana, y pueden distinguirse el entrecruzado de los listones, la letra *R* dibujada sobre uno de los panales de vidrio y una torre, en la lejanía, visto todo a través del ojo de la luciérnaga. La razón de haber utilizado un ojo de esta especie animal es que en ella los omatidios están adheridos en su parte externa y pueden separarse con facilidad, sin que se disgreguen, utilizando un escalpelo. Se consigue, en esta forma, separar de la retina el resto de los omatidios, y observar las imágenes formadas a través del conjunto mediante un microscopio, proyectándolas y fotografiándolas. La imagen resulta poco nítida en comparación con la recibida por un ojo humano.

La investigación anatómica condujo a un resultado concordante. Una consideración sencilla indica que la imagen retiniana de un ojo de insecto contendrá tanto mayor número de detalles, es decir, la visión será tanto

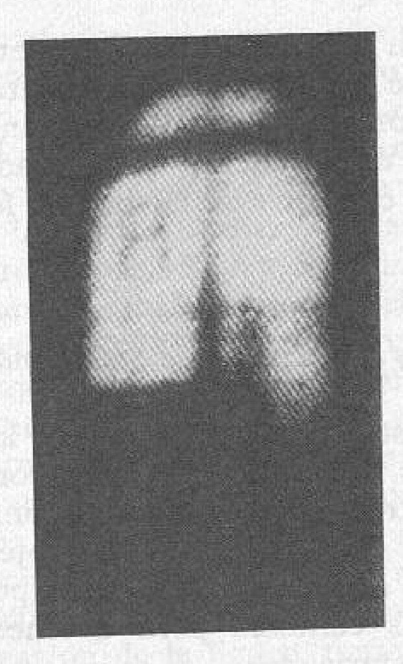


FIG. 57. Una ventana vista a través del ojo de una luciérnaga. Microfotografía de la imagen retiniana en el ojo de dicho animalillo (120 aumentos). A través del marco de la ventana se distingue la torre de una iglesia. Sobre uno de los cristales una *R* recortada en papel negro. *(Según S. Exner)*

más nítida, clara o detallada cuanto mayor número de omatidios intervengan en la formación de dicha imagen. Exactamente igual que en un mosaico, se reproduce tanto más fielmente una imagen cuanto mayor es el número de piedrecillas que la forman. En la figura 58

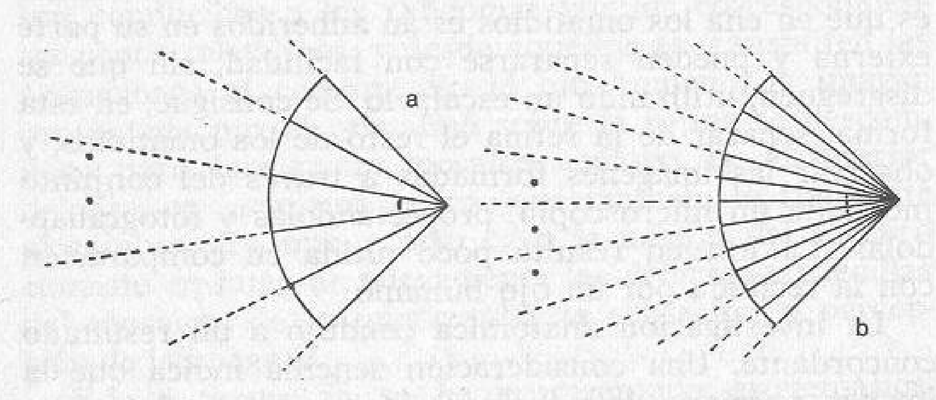


FIG. 58. Cómo la agudeza visual del ojo de un insecto depende del número de omatidios

los tres puntos observados por el ojo *a* no podrán percibirse independientemente, puesto que los tres corresponden al campo visual de un solo omatidio. El ojo *b* percibirá distintamente los tres puntos, puesto que ahora cada uno será recibido por un elemento distinto. Vemos, pues, que cuanto más pequeño es el ángulo visual correspondiente a cada elemento ocular tanto mayor será el poder resolutivo del ojo. En las abejas este ángulo es, aproximadamente, de un grado. Dos puntos que aparezcan formando un ángulo menor, no podrán distinguirse uno de otro. El ojo humano, de visión aguda, permite distinguir o discriminar dos puntos recibidos bajo un ángulo de un minuto ($= {}^{1}/_{60}$ de grado). La agudeza visual de las abejas debe, pues, ser mucho más pequeña que la nuestra.

Cómo influye esto en la percepción de las formas es algo que nos tendrá que contestar la abeja a lo largo de algunos experimentos de adiestramiento. Es muy fácil conseguir que distinga entre sí, y con toda claridad, las dos formaciones de flores de la figura 59. Si-

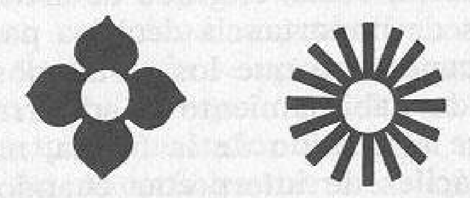


FIG. 59. Figuras que las abejas distinguen de manera fácil y segura

guiendo la misma técnica, se ha logrado determinar que, en general, no se guían por los mismos caracteres que nosotros tomamos como referencia. Esto se ve con claridad mediante la aplicación de las formas geométricas más sencillas. A pesar de largos esfuerzos, no se ha conseguido que las abejas distingan formas para nosotros tan características como el triángulo, el círculo, el cuadrado o el rectángulo. Todavía resulta más asombroso que confundan también entre sí las formas agrupadas en la serie inferior de la figura 60. En cambio, distin-

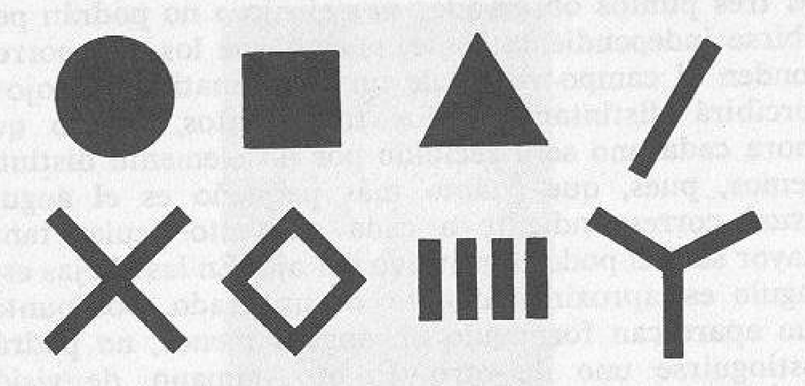


FIG. 60. Las figuras de la serie superior, o las de la inferior, no son diferenciadas unas de otras por las abejas. Por el contrario, cada una de las de la serie superior la distinguen perfectamente de su correspondiente de la serie inferior

guen o discriminan, de manera rápida y segura, cada una de las figuras que se corresponden en las series superior e inferior. De estos y otros múltiples ensayos llevados a cabo se puede admitir que una de las características de las figuras que para nosotros resulta de orden secundario, o sea, el grado de articulación de sus elementos, es de importancia decisiva para el ojo de la abeja. Esto conduce a que los resultados obtenidos en los ensayos de habituamiento o adiestramiento, en lo que se refiere al sentido de la forma, no sean en muchos casos fáciles de interpretar cuando nos basamos en nuestros propios conceptos.

Su distinta manera de percibir las formas depende, en general, de que sus órganos visuales son inmóviles. Una abeja no puede hacer girar los ojos para dirigirlos hacia un objeto que despierte su interés. Sus ocho a diez mil omatidios se encuentran absolutamente fijos en su cabeza y dirigidos en todos los sentidos (fig. 55). Durante el vuelo percibe con ellos todo el panorama de su derredor así como el que se halla situado debajo de ella. Por esta causa, se modifican de manera constante y muy rápida las impresiones recibidas por los diversos omatidios correspondientes a los objetos que van pasando ante ellos.

Si en un local oscuro producimos un rápido sucederse de destellos luminosos, tendremos la impresión de una luz parpadeante. Si los destellos se suceden con una rapidez superior a 20 por segundo, no podremos discernir uno de otros, y nos parecerá que la iluminación es constante. Este principio se utiliza en el cine donde se proyectan de 22 a 25 fotogramas o vistas de película por segundo, lo cual produce en nuestro ojo la impresión del movimiento, sin darnos cuenta de que entre cada una y durante porciones pequeñísimas de segundo reina oscuridad completa mientras pasa la cinta de uno a otro fotograma.

Si en la ciudad de las abejas existiera un cine, el aparato de proyección debería funcionar de manera completamente distinta. Para que las abejas no percibieran el parpadeo habría que proyectar más de 200 imágenes elementales por segundo. A igualdad de tiempo el ojo de la abeja puede percibir diez veces mayor número de imágenes que el nuestro. Por esta causa es extraordinariamente adecuado para percibir impresiones variables cuando contempla los objetos inmóviles en su rápido vuelo. La escasa capacidad o *poder resolutivo en el espacio* del ojo de la abeja se compensa con el notable *poder resolutivo en el tiempo.* Por ello se comprende, con facilidad, la menor atención prestada a las formas inmóviles y a las superficies cerradas que a las variaciones producidas en el campo visual, y que, sobre todo, llamen su atención los objetos ricamente cromáticos y articulados.

Así puede creerse, por lo menos. El conseguir una certeza y a la vez llegar a tener un atisbo de cómo ven el universo las abejas, constituye un deseo vano de los ávidos investigadores de la naturaleza.

La percepción de la luz polarizada

La mayor parte de los hombres no saben nada acerca de la «luz polarizada». Ni les interesa; porque se ne-

cesita usar ciertos aparatos científicos para convencerse de que, en muchas ocasiones, la luz que percibimos es de esta clase.

Hemos aprendido en la escuela que la luz es un movimiento oscilatorio que se propaga a través del espacio con una velocidad extraordinaria; que las vibraciones son perpendiculares a la dirección en que se propagan (ondas transversales) los rayos, y que en la luz solar el plano de vibración puede ser cualquiera, variando continua, rápida e irregularmente. En la figura 61 *a* se representan las proyecciones de las vibra-

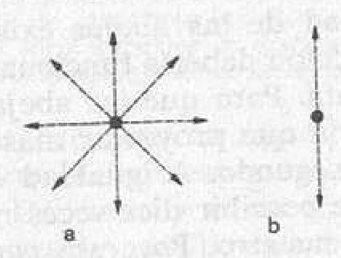


FIG. 61. Esquema para explicar la diferencia entre: *a*, luz natural y *b*, luz polarizada. (Véase explicación en el texto)

ciones que constituyen los rayos luminosos que llegan hasta nosotros, las líneas de trazos representan algunos planos posibles y que se suceden o sustituyen. En la *luz polarizada,* estas vibraciones se ordenan y dirigen según un plano único (fig. 61 *b*).

La luz polarizada no es cosa rara en la naturaleza. La luz solar que se refleja en un espejo, en la superficie del agua tranquila o sobre el húmedo pavimento de una calle asfaltada se polariza parcialmente y aun de manera total en determinadas circunstancias; el azul del firmamento es rico en luz polarizada; de todo ello no nos damos cuenta, porque nuestro ojo no distingue entre la luz ordinaria y la polarizada. Para los ojos de los insectos y otros artrópodos, la luz polarizada constituye una luz especial. Distinguen perfectamente la dirección en que se encuentra polarizada y la utilizan para orientarse en el espacio (págs. 142 y ss.). Esto

ocurre también con las abejas, según ha podido descubrirse.

La luz polarizada puede producirse artificialmente, por ejemplo, utilizando un prisma de Nicol. Recientemente se han comenzado a construir láminas u hojas transparentes que tienen la propiedad de polarizar por completo la luz que las atraviesa. Con estos elementos auxiliares puede determinarse con facilidad si la luz que percibimos y de cuyas características no nos enteramos es o no polarizada, y, caso de serlo, cuál es su plano o dirección vibratoria. En la figura 62 se ilustra

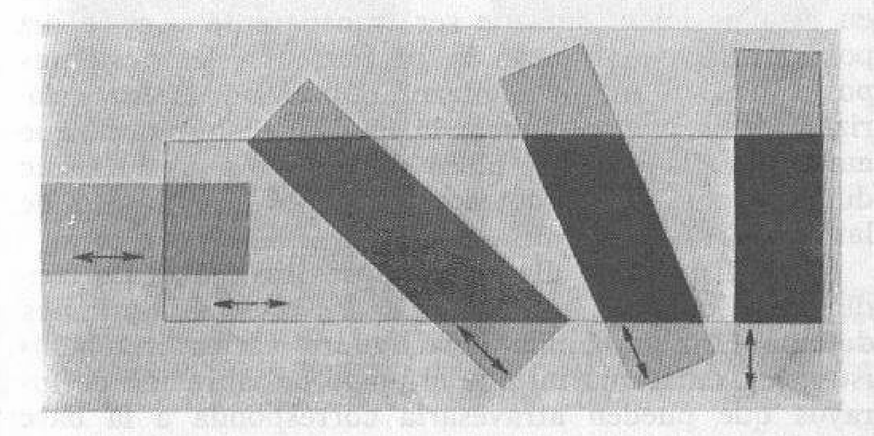


FIG. 62. Láminas polarizadoras en las que se indica la dirección del plano de vibración de la luz mediante las dobles flechas. Al variar la posición de una con respecto a otra, se cubren en distintas posiciones. La luz se extingue progresivamente.

lo que acabamos de exponer. De una hoja o lámina de polarización se cortan tiras longitudinales, en tal forma que la dirección de vibración de la luz que las atraviesa queda polarizada paralelamente a los lados más largos del rectángulo. Nosotros no podemos percibir de manera inmediata si la luz que recibimos después de haber atravesado la tira se encuentra polarizada, ni la dirección de polarización. Como tampoco nos damos cuenta de ella si, sobre este primer filtro o *polarizador*, colocamos una tira igual, con los lados largos dispuestos paralelamente a los de la primera (analizador). La porción

en que las tiras se superponen nos aparece algo menos transparente, pero nada más, ya que la luz polarizada en la primera tira (polarizador) pasa sin inconveniente alguno a través de la segunda (analizador); pero, como es natural, se absorbe mayor cantidad de energía luminosa al pasar a través de dos cuerpos transparentes que cuando atraviesa solamente uno. Si hacemos que una de las tiras gire con respecto a la otra, la luz observada a través del conjunto va disminuyendo de intensidad y llega a anularse por completo en el momento en que ambas se encuentran dispuestas perpendicularmente entre sí. Se debe esto a que la segunda lámina, colocada en esta posición, deja de ser transparente para la luz polarizada que atravesó la primera; en las restantes posiciones, de mayor o menor oblicuidad, la luz polarizada pasa más o menos; la intensidad luminosa que emerge de la segunda placa disminuye a medida que difieren más las direcciones o planos de vibración de las dos hojas.

Otra disposición distinta se aproxima más a las condiciones existentes en los ojos de los insectos. Cortemos de una hoja o lámina polarizadora varios triángulos isósceles, en forma tal que el plano de vibración de los rayos que pueden atravesarla corresponda a la base de éstos, y, con las piececillas así cortadas, formemos como un polígono (fig. 63). Si se mira a través de esta estrella de bolillas hacia una superficie iluminada bajo la luz natural, la percibiremos igualmente iluminada a través de todos los triangulillos que forman la

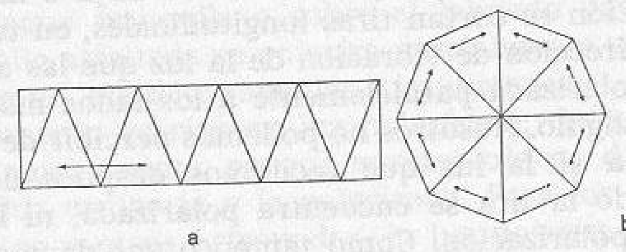


FIG. 63. *a*, lámina polarizadora, con las líneas por donde debe cortarse para la construcción de una estrella de polarización; *b*, estrella de polarización. Las dobles flechas señalan la dirección de vibración de la luz polarizada

estrella (fig. 64 *a*). No nos damos cuenta de que la luz que recibimos a través de estos triángulos se encuentra polarizada en diversas direcciones. Pero, si a través de nuestro artificio contemplamos una superficie de la que procede luz polarizada, los diversos triángulos de nuestro analizador dejan pasar intensidades luminosas variables, de acuerdo con lo que quedó explicado en la figura 62.

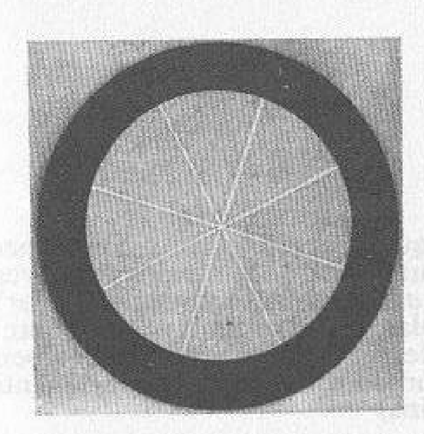
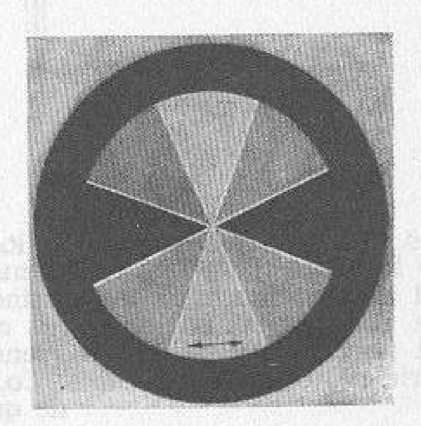



FIG. 64. Vista a través de la estrella de polarización. *a*, contemplando una superficie iluminada con luz natural; *b*, contemplando una superficie iluminada de la que se recibe luz polarizada, cuyo plano o dirección de polarización está indicado por la doble flecha

Este método encuentra aplicación en los ojos de facetas o compuestos, para el reconocimiento de la luz polarizada. Hemos hablado, en la página 114, acerca de cómo la luz recibida en los diversos omatidios es conducida hasta los rabdomas de la retínula. Mediante estudios más detenidos y el empleo de grandes amplificaciones se ha comprobado que cada retínula se halla compuesta por un grupo de ocho células visuales, dispuestas en octógono, como nuestro polígono de polarización (fig. 65). La semejanza no es únicamente externa, sino que estas células se encuentran dispuestas de manera semejante en lo que se refiere a la orientación del plano de vibración de la luz transmitida. El microscopio electrónico nos descubre, con una ampliación de 25 000 aumentos, que dentro de cada uno de estos palitos de visión

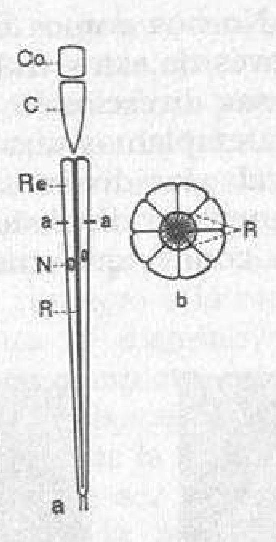


FIG. 65. *a*, un omatidio de los que forman el ojo compuesto de la abeja (fig. 55) fuertemente aumentado. *b*, sección transversal de un omatidio, por la línea *a-a*, (aumento todavía mayor). *Re*, retínula; *N*, núcleo de las células de la retínula; *R*, rabdoma (la porción que se supone sensible a la luz, de las células sensoriales); *C*, cono cristalino; *Co*, córnea o cornéola (revestimiento de quitina)

(rabdomas) existe una finísima estructura de increíble regularidad: túbulos, totalmente paralelos entre sí que se hallan polarizados a la dirección de la luz (fig. 66). La sugestiva hipótesis de que en esos túbulos se encuentran orientadas las moléculas de la «materia visual» sensible a la luz pudo comprobarse en recientes experimentos. Queda, pues, claro que en las distintas cé-

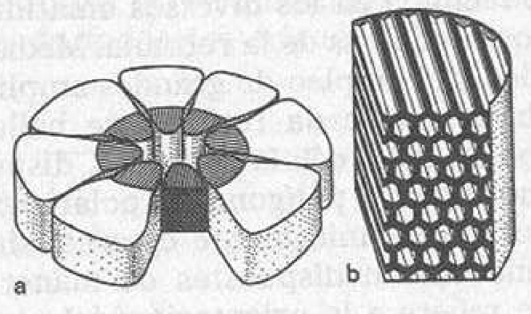


FIG. 66. *a*, disco transversal seccionado de las retínulas según la figura 65 *b* para demostrar la finísima estructura de los rabdomas; una de las retínulas ha sido apartada con excepción de su rabdoma; *b*, detalle de un rabdoma, más aumentado todavía. *(Esquema* b, *según Goldsmith y Philpott)*

lulas visuales, y según la orientación de los túbulos, predominan determinadas direcciones de vibración. Así, pues, este aparato permite que los ojos compuestos sean superiores a los nuestros y puedan percibir la luz polarizada.

10. CAPACIDAD DE ORIENTACION

Nos encontramos ante un gran colmenar. Veinte colonias se hallan instaladas unas junto a otras y cada colmena tiene un aspecto absolutamente idéntico a las restantes. Millares de recolectoras salen en vuelo de pecorea; rectas como flechas vuelan hacia el pasto y, cuando regresan, se las ve dirigirse sin dubitaciones ni tanteos hacia su colmena madre y desaparecer a través de su piquera. Cojamos una de las obreras que regresan, marquémosla por medio de una manchita de color, encerrémosla en una cajita, y alejémonos a media hora de distancia de la colmena, tras lo cual la volveremos a dejar en libertad. Un observador que haya quedado junto a la colmena podrá decirnos que la abeja regresa volando al hogar pocos minutos después de haberla dejado libre.

Se pensó en la posibilidad de una fuerza magnética o eléctrica que atrajese a los insectos hacia la colmena, en un círculo de algunos kilómetros de radio. La joven abeja que sirve todavía de nodriza, y que nunca salió de la colmena, no es capaz de regresar al hogar si se la suelta a alguna distancia, y ello aun cuando la distancia sea muy corta. Para poder regresar tiene que conocer los alrededores. Este aprendizaje comienza cuando, hacia el décimo día de su vida, sale por primera vez al exterior (p. 67). El vuelo dura apenas seis minutos y tiene como objeto conocer la situación de la colmena y sus alrededores. Las abejas son rápidas, les basta con dos minutos para recorrer la distancia de un kilómetro. Durante estos primeros vuelos de orientación la

abeja se muestra muy atenta. Si cogemos una abeja en este período y la soltamos en distintos lugares de los alrededores encontrará el hogar sin mayor dificultad. Al primer vuelo le siguen otros, y pronto cubren una extensión mayor y se van distanciando poco a poco, hasta alcanzar varios kilómetros de campo de acción alrededor de la colmena. Desde lugares más alejados ya no pueden encontrar el camino de regreso, ni aún las más viejas pecoreadoras. No se trata pues de un don innato, sino de una educación en torno a la ubicación de la colmena, análogamente a como nos comportamos nosotros, al hallarnos en una ciudad extraña, en que procuramos enterarnos de manera clara de la situación del albergue para cuando llegue la hora de regresar a él.

En otros aspectos se corresponde asimismo demasiado bien lo que ocurre en las abejas con nuestra propia experiencia humana: ¡también ellas yerran a menudo el camino! La frecuencia con que las abejas mal orientadas son incapaces de regresar al punto de origen y tienen que quedarse fuera es cosa que no conocemos en la actualidad; pero está en nuestras manos demostrar que un colmenar donde todas las colonias tienen cajas de igual aspecto hay obreras que al final de un vuelo de regreso no saben encontrar la casa materna. Abramos una colmena, y señalemos con manchitas blancas a unas cuantas de sus obreras. Pasados algunos días encontraremos animalillos de los señalados en colmenas vecinas, e incluso en algunas más apartadas, situadas a derecha e izquierda de la propia.

Muchos apicultores conocen perfectamente este hecho y no les complace precisamente. No siempre permiten las vigilantes de la colmena el ingreso en ella de abejas extrañas a las que conocen por el olor característico de cada colmena. Con frecuencia se producen luchas en las piqueras, con muerte de abejas y pérdida de tiempo, que el colmenero consideraría mejor utilizado en la recolección de miel. Todavía es mucho peor cuando una reina, a su regreso del vuelo nupcial, se equivoca

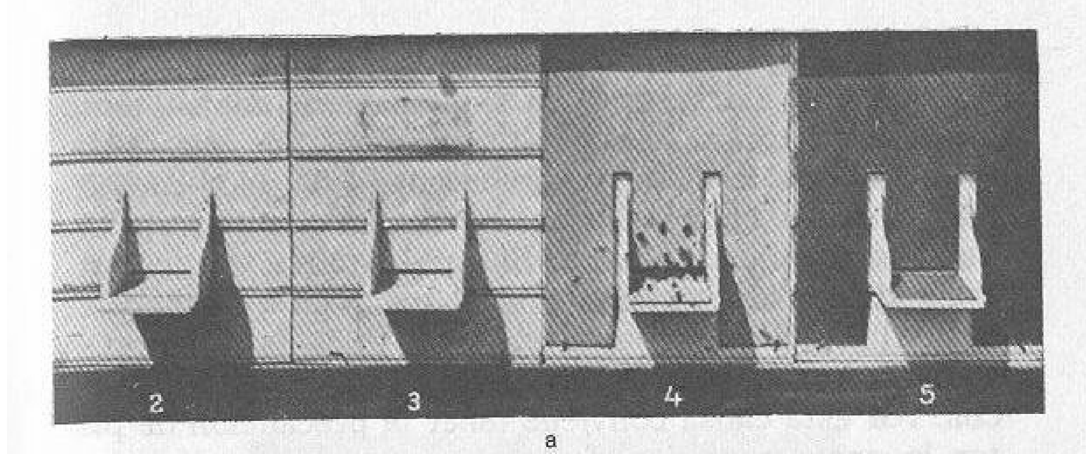
de camino e intenta entrar en una colmena extraña. Esto representa su muerte segura y que quede una colmena huérfana, con lo que perecerá toda la comunidad, a menos que se consiga proporcionarle una nueva reina.

Por esta causa, es costumbre antigua en muchos colmenares el pintar la cara anterior de las distintas colmenas con colores diversos, de manera que las abejas que regresan al hogar lo encuentren con facilidad y no yerren la entrada confundiéndola con la de otra colmena vecina. Y, sabemos también la causa de que se haya puesto en duda la utilidad del procedimiento: es porque se han elegido colores que, aun cuando perfectamente distintos para el ojo humano, no lo son para la abeja. Si el colmenero coloca una junto a otra varias colmenas pintadas en amarillo, verde y anaranjado, o en púrpura o violeta, o bien dispone una roja cerca de otra negra, no obtendrá resultado alguno, pues las citadas series de colores no pueden ser diferenciadas entre sí por el ojo de la abeja (p. 98 y ss.).

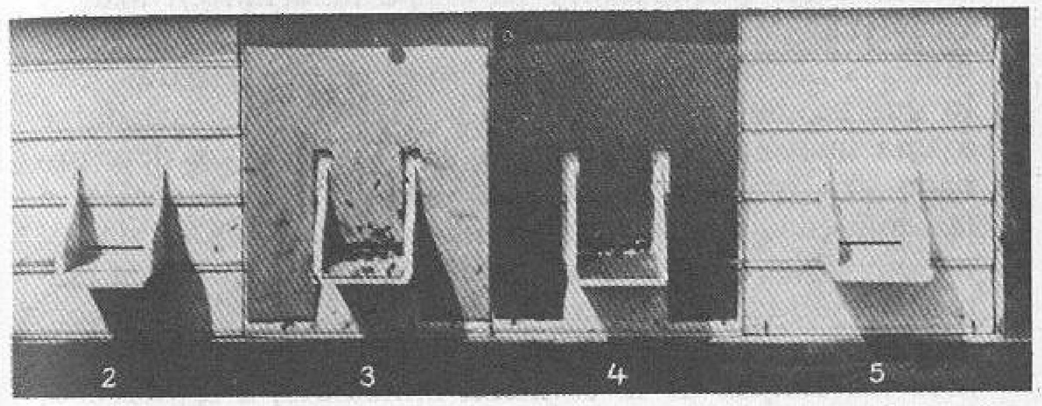
La importancia de los olores y del color como elementos de orientación en el regreso a la colmena

La forma de seleccionar los colores, adecuada para la caracterización de las colmenas con el fin de orientar a las abejas que regresan, no puede predecirse y ha de ser determinada mediante ensayos.

Un gran colmenar cuyas cajas tengan todas absolutamente el mismo aspecto resulta el más adecuado para semejantes experimentos. En un lugar del mismo se colocan juntas algunas cajas vacías. La pared anterior de una de ellas se cubre con una chapa pintada de azul, lo mismo que el suelo o umbral de la piquera (fig. 67 a, colmena n.º 4). La colmena de la derecha, n.º 5, en forma análoga, con chapas amarillas. La de la izquierda (n.º 3) queda sin recubrimiento alguno y presenta las franjas correspondientes a las diversas tablas, características de muchas colmenas. Se puebla



a



b

Fig. 67. Demostración de cómo las abejas utilizan el color de la colmena para su orientación. *a*, disposición normal, a la que están habituadas las abejas. La colmena número 4 está poblada y marcada por una chapa azul; la colmena número 5 está vacía y lleva una chapa amarilla; las colmenas números 2 y 3 no están marcadas (blancas) y están vacías. Las planchas llevan al dorso el color opuesto. *b*, la colmena número 4 se ha convertido en amarilla al dar la vuelta a la chapa; la chapa de la número 5 ha sido trasladada a la colmena número 3, dándole la vuelta (azul). Todas las abejas que regresan entran en la colmena deshabitada número 3, que ahora ofrece el color azul.

entonces la caja azul con una colonia y se espera unos días. Las abejas pueden distinguir perfectamente los colores blanco, azul y amarillo. Si las abejas utilizan el color azul como elemento de orientación, podemos esperar que, si cambiamos entre sí las chapas azul y amarilla, al regresar las obreras se dirigirán hacia la colmena falsamente recubierta. Mas, para hacer la prueba, hay que tomar antes una medida de previsión.

Sobre la chapa azul de la colmena habitada han venido a posarse diariamente un sinnúmero de abejas, tanto al salir de la colmena como a su regreso. Por esta causa, la tabla o cubierta se han impregnado del olor característico de la colmena, que es claramente perceptible incluso al olfato humano. Si cambiáramos las chapas y las abejas se dirigieran a la colmena en que ahora se halla el recubrimiento azul, cabría la duda de si lo hacían atraídas por el color o por el olor que despide la plancha. Por esta causa conviene tener la precaución de pintar la parte posterior de la chapa amarilla en azul, y viceversa; de esta manera no tendremos que intercambiar las planchas, sino solamente volver sus caras, con lo que se muda el color sin que tenga que trasladarse a una nueva colmena la plancha de un color determinado. Ya que las abejas prestan también atención a las colmenas vecinas, actuemos de forma que se siga el mismo orden que con los colores de al lado: en la colmena habitada n.º 4 damos la vuelta a las chapas, consiguiendo así transformar el azul en amarillo. Quitamos las chapas de la colmena inmediata, a la derecha, y las colocamos al revés en la colmena izquierda, que será entonces de color azul. La sucesión de colores permanecerá invariable: blanco, azul y amarillo, tal y como las abejas están habituadas. El resultado es sorprendente. El tropel de abejas que regresan y que se hallaban delante de las colmenas, el breve tiempo necesario para el cambio de las cubiertas, se dirige sin la menor vacilación a la colmena falsa, recubierta de azul, y así queda durante algunos minutos (fig. 67 *b*); las abejas abandonan la caja amarilla y regresan a la caja azul.

De ello se deduce, con claridad absoluta, que la coloración del frente de la colmena ejerce una acción decisiva para la orientación del regreso de las abejas. Lo que enseña el ensayo llevado a cabo puede aplicarse en gran escala. Si se pintan o caracterizan las diversas cajas de un colmenar utilizando para ello los colores que las abejas son capaces de distinguir, dejan de ocurrir errores en el regreso de las pecoreadoras. Señalan-

do algunos cientos de abejas con marcas perfectamente distintas, permanecerán días y semanas sin que se observe que ninguna de ellas deja de volver a su colmena de origen. Y lo mismo ocurre con las reinas cuando salen de la colmena para su vuelo nupcial o durante los vuelos preliminares de orientación. En la gran ciudad apícola —que puede ponerse como modelo— del monasterio bávaro de Santa Otilia, se lleva

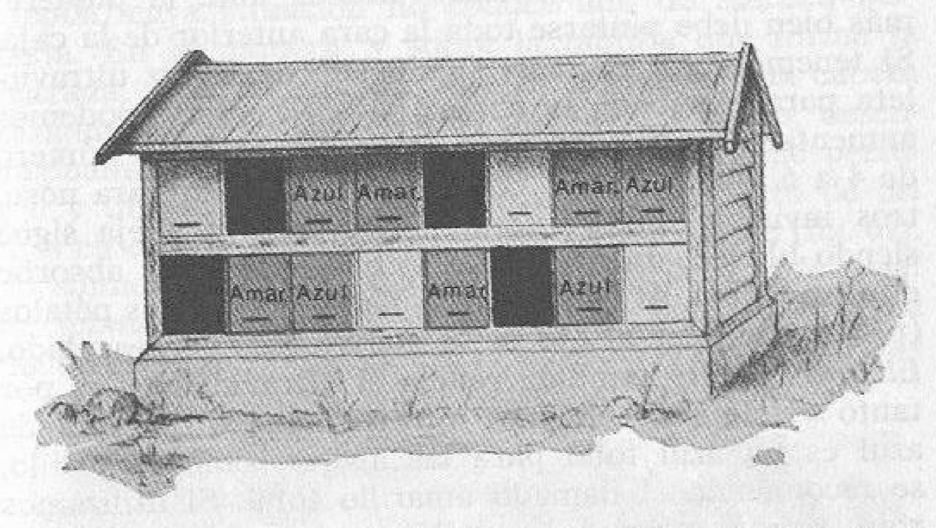


Fig. 68. Ejemplo de una elección y disposición adecuada de los colores para facilitar a las abejas, a su regreso, el reconocimiento de su colmena. En vez de negro, puede emplearse también el rojo escarlata, que aparenta negro a las abejas

por los padres un registro de reinas a partir del año 1920. Los años 1920 y 1921 no se habían pintado todavía las cajas: en estos dos años se perdieron dieciséis de veintiuna jóvenes reinas. Después, se pintaron convenientemente las cajas para favorecer la orientación, y, en los cinco años subsiguientes, sólo se perdieron tres de cuarenta y dos jóvenes reinas.

Si el colmenero desea llevar a la práctica estos conocimientos deberá tener en cuenta las consideraciones siguientes. Las abejas reconocen perfectamente el azul, el amarillo, el negro y el blanco. Es preciso, por ello, limitarse a estos colores. Hay que cuidar que entre cada dos colonias pintadas con un mismo color que

se encuentran situadas en la misma hilera, se intercalen, por lo menos, otras dos de ellas, caracterizadas por colores distintos. Cuando se repiten series de colores, hay que evitar que en cada colonia se repitan los colores de la derecha y de la izquierda en igual forma que en la serie anterior, pues también los colores vecinos dentro de una serie sirven para que las abejas se orienten al regreso de la recolección. No es adecuado pintar solamente la placa de vuelo situada ante la piquera; más bien debe pintarse toda la cara anterior de la caja. Si tenemos en cuenta el significado de la luz ultravioleta para el ojo de la abeja (págs. 99 y ss.), podemos aumentar los colores para ellas distintos en número de 4 a 6. Algún blanco refleja el ultravioleta para nosotros invisible, por tanto también para la abeja sigue siendo blanco, mientras que *el blanco de cinc* absorbe el ultravioleta. Al igual que las flores de blancos pétalos (p. 105), aparece al ojo de la abeja como verdeazulado. *El azul cobalto* también refleja el ultravioleta y es por tanto «violeta de abejas», mientras que otra gama de azul es un azul total para las abejas. Como amarillo, se recomienda el llamado amarillo total. Si utilizamos rojo, debe ser un rojo total, no un rojo amarillento o un rojoazulado y se puede utilizar en vez del negro, pero sin ponerlo *a su lado*, ya que rojo y negro son para las abejas colores idénticos. Quien siga estas reglas facilitará el regreso de las obreras a sus viviendas, en la medida en que se halla a nuestro alcance conseguirlo.

El color no es la única señal que sirve de orientación a las abejas. En los grandes colmenares no pintados sirven de puntos o elementos de referencia la distancia de la piquera a la esquina más cercana del colmenar y otras señales visuales semejantes. También se utiliza el olor característico de cada colonia. Todavía es más importante el olor producido por un órgano especial de las obreras, y cuya importancia para señalar a las pecoreadoras el punto en que se encuentra un botín abundante veremos más adelante (p. 163). Tam-

bién en las colmenas las abejas hacen uso de este órgano especial y lo hacen en mayor número y de manera más intensa, cuando la señalización de la colmena es más importante por alguna causa; así, al comenzar la primavera, cuado la imagen de la colmena ha podido esfumarse en el recuerdo de las pecoreadoras debido al largo encierro invernal; o cuando, después de la enjambrazón, se encuentra la colonia en una nueva vivienda, cuya situación no conoce aún de manera perfecta. En la piquera, y sobre la tablilla que forma la entrada, se ve algunas veces a las abejas con la cabeza dirigida hacia la puerta y el abdomen elevado, desenvaginando los pliegues del órgano productor de perfume y dispersándolo con un rápido movimiento de las alas en dirección a las abejas que se aproximan (fig. 69). El colmenero dice entonces que las abejas *dan la señal de llamada*. El olor de esta señal de llamada es igual en distintos pueblos, es decir, su sentido es: «Aquí hay



FIG. 69. Abejas dando la señal de llamada: las abejas sentadas alrededor de la piquera impregnan este lugar con el olor de su órgano olfativo emisor evaginado. Mediante el rápido movimiento de las alas producen una corriente de aire que transmite este olor a las abejas que regresan a la colmena.
(Fot. E. Schuhmacher)

abejas» y no «Aquí está tu pueblo». Seguramente esta llamada era más útil en la antigua forma de habitar de las abejas, cuando estaban dispersadas en troncos huecos de árbol. En las colmenas actuales se encuentran tan apiñadas como lo podemos estar los seres humanos en las grandes urbes. Tal y como habitan en la actualidad sólo se puede guiar —sin tener en consideración las señales ópticas— por el olor, menos fuerte aunque caracteristico, de su propia colmena. Este olor de la colmena tiene unas peculiaridades propias que se deben a las clases de polen y de miel de su pecorea, y otros cuyos componentes están por estudiar. Se asemeja pues al olor de cada vivienda humana que percibe el olfato algo preparado.

La brújula celeste

Los vikingos no conocían la brújula. En sus lejanos viajes por el océano se orientaban por el Sol durante el día y por la Luna o las estrellas durante la noche.

Las estrellas pueden ser utilizadas para orientarse, de dos maneras: según que transcurra muy poco tiempo de una a otra operación orientadora, o que se trate de largos viajes. Supongamos que nos hallamos en una región desconocida, y que queremos visitar a un amigo que se encuentra en una casa solitaria, alejada como un cuarto de hora de donde nos encontramos, y que no es visible desde donde iniciamos nuestro paseo. Se nos indica una dirección. Si no queremos perdernos tenemos que estar atentos a que durante el corto recorrido nos conservemos siempre en la dirección indicada, o situados idénticamente con respecto al Sol, a fin de movernos en línea recta. Este es un procedimiento muy utilizado por los animales y que ha sido observado por primera vez en varias especies de hormigas. Cuando alguna de ellas inicia un viaje de reconocimiento, se mueve formando un ángulo determinado con la posición del Sol, y, por tanto, en línea recta. Para realizar el

regreso, se guía por la imagen especular del Sol. Mediante un experimento tan sencillo como concluyente se demuestra que es en realidad por el aspecto del cielo por lo que se guía en sus viajes. Si se protege a la hormiga que regresa al nido mediante una pantalla y, al mismo tiempo, se proyecta sobre ella la luz del sol, utilizando un espejo, haciendo que ésta le llegue en dirección opuesta, modifica inmediatamente su marcha y recorre el camino en sentido opuesto (fig. 70).

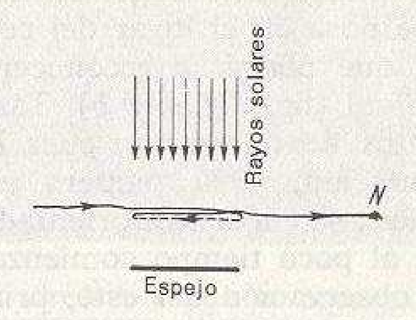


FIG. 70. Ensayo con un espejo para demostrar la orientación por el Sol en las hormigas. Línea de trazos: camino recorrido por las hormigas, mientras ven el Sol. *N*, nido. *(Según Santschi)*

Pero este método no puede utilizarse durante largo rato, ya que las posiciones del Sol, la Luna o las estrellas se modifican. Si los vikingos no hubieran sabido que el Sol se encuentra por la mañana en el este, a mediodía al sur y por la tarde al oeste hubieran navegado en alta mar describiendo círculos. Es cosa verdaderamente asombrosa que las abejas utilicen el Sol como brújula, atendiendo a su situación y teniendo en cuenta, a la vez, el curso del tiempo. Realmente no poseen reloj alguno, pero sí un sentido del tiempo del que es preciso hablar con cierta calma (p. 194 y ss.).

Que las abejas hacen uso de la posición del Sol se deduce de manera incontrovertible mediante el ensayo siguiente: preparemos un lugar con cebo a 200 metros en dirección este de la colmena y marquemos dos o tres docenas de las obreras que a él acudan, desde muy temprano, hasta la caída de la tarde, utilizando para cebo un platillo con agua azucarada. El elemento sus-

tentante del platillo se perfuma ligeramente (con esencia de tomillo, por ejemplo). Pasados algunos días, traslademos muy temprano, en la madrugada, nuestra colmena, llevándola a una distancia de algunos kilómetros. A 200 metros de la colmena y en dirección de los cuatro puntos cardinales, dispongamos otros tantos puestos de observación, con sendos platillos de agua azucarada y aromatizados con tomillo. En cada uno de ellos se sitúa un observador, quien coge inmediatamente a toda abeja que se posa en el lugar del cebo. El paraje no ofrece rasgos que permitan reconocer la dirección astronómica habitual (figs. 71 *a* y *b*). Tampoco la colmena ofrece puntos de referencia, pues le hemos modificado la orientación, y la piquera antes dirigida hacia Levante, ahora se encuentra orientada a Mediodía. A pesar de todo, al poco tiempo comienzan a aparecer en el puesto de observación del este, primero algunas de nuestras abejas numeradas; luego la mayoría de ellas; mientras que una escasa cantidad de ellas apa-



FIG. 71 a. Los alrededores de la colmena en un ensayo de cambio de emplazamiento. Vista desde la mesita con el cebo (c) hacia el este. La colmena se encuentra detrás de árboles y casas, y el gran tilo del centro de la figura está situado a mitad del recorrido del vuelo

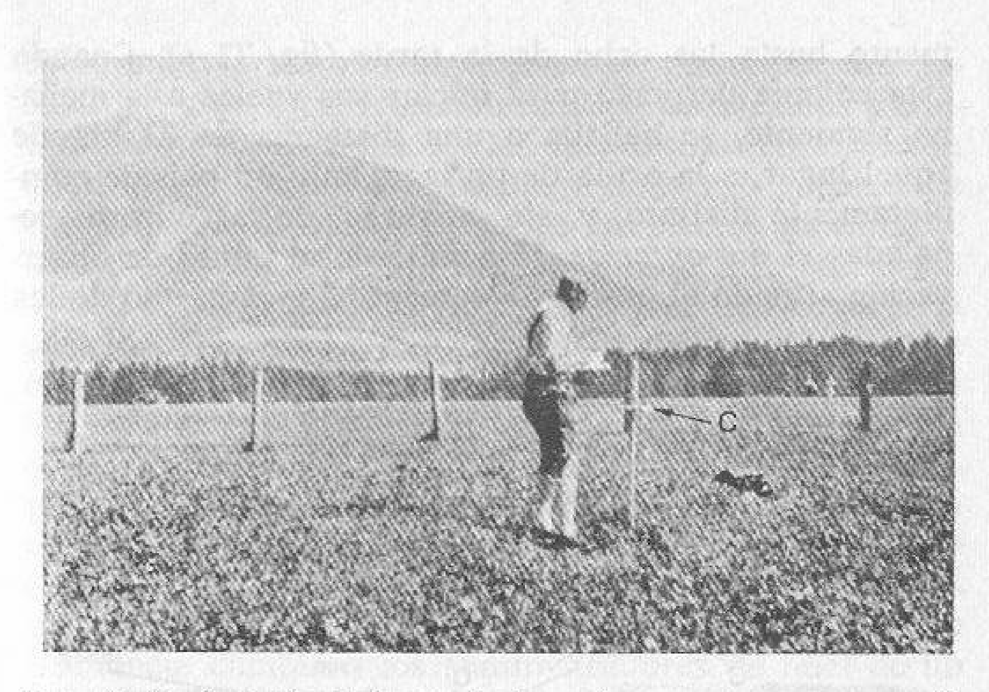


FIG. 71 b. Los alrededores de la colmena en un ensayo de cambio de emplazamiento. Vista desde la mesita de cebo (c) situada al oeste, hacia la colmena, después de cambiar el lugar de ésta. Ahora se halla en medio de un prado, o detrás de las dos figuras claras que destacan a la derecha sobre el oscuro fondo del bosque

rece por los restantes puestos situados en las otras direcciones. Indudablemente, han utilizado el Sol para hallar el lugar de cebo a que se hallaban habituadas, a pesar de encontrarse en una zona desconocida, y han seguido así la dirección debida. Pero, en los últimos vuelos de la tarde anterior, vieron el Sol en el oeste, mientras que ahora, por la mañana, lo ven en el este. No cabe duda que las abejas tienen en cuenta la marcha del día.

Para que el experimento salga bien no hace falta someter a las abejas al adiestramiento de todo un día. Una colmena sujeta a observación se colocó, un bello día de verano, en determinado lugar del campo, no abriéndose su piquera hasta el mediodía. Entre las tres y las cuatro de la tarde se numeraron 42 abejas que acudieron a un cebo situado en dirección noroeste a 180 metros de la colmena, donde se les suministró ali-

mento hasta las ocho de la tarde (fig. 72 *a*). Cuando esta colonia despertó para iniciar sus vuelos a la mañana siguiente, se hallaba a una distancia de 23 km de aquel lugar, a la orilla de un lago, ante un paisaje completamente distinto, y, sin embargo, de las obreras señaladas el *día anterior*, 15 acudieron al punto de observación situado al oeste, y solamente 2 a cada uno de los

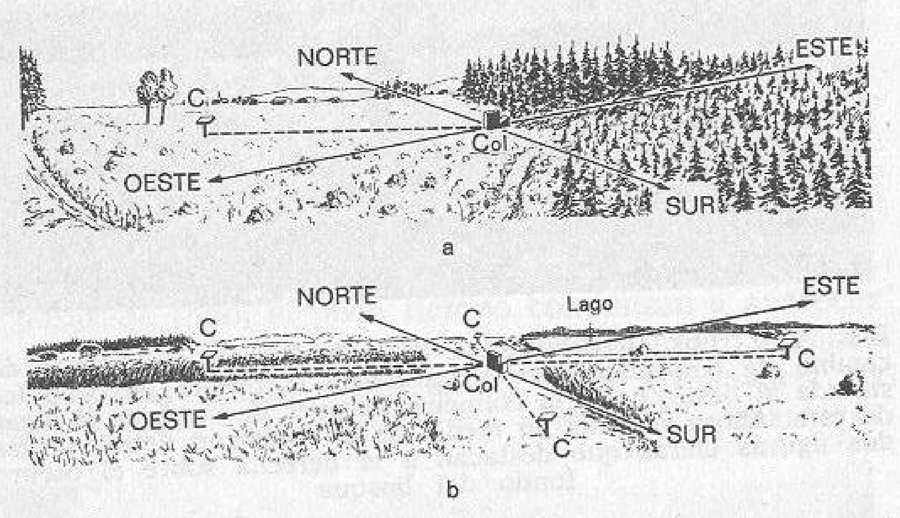


FIG. 72. Otro ensayo de cambio de lugar de la colmena. *a*, la colmena de observación *(Col.)* antes de ser desplazada; *C*, lugar de cebo a 180 mm de la colmena. *b*, la colmena de observación después del desplazamiento: cuatro mesitas de cebo en dirección a los cuatro puntos cardinales

situados al norte, este y sur (fig. 72 *b*). La mayoría de ellas hicieron su viaje entre las 7 y las 8 de la mañana: acudían, pues, de acuerdo con la experiencia de que en sus vuelos hacia el oeste tenían el Sol tras de sí, de madrugada, y frente a sí por la tarde. Conocen la posición del Sol a cualquier hora del día, de forma que pueden encontrar la dirección del lugar de alimento que se han aprendido la noche anterior según los ángulos con el Sol, incluso a la mañana siguiente.

¿Han nacido con este «conocimiento»? ¿Es la orientación según la posición del Sol una tradición de millones de años que ya heredan? No y sí.

Podemos preguntárselo directamente a las abejas. Si

encerramos a las abejas jóvenes en una cueva, sin posibilidades de ver la posición del Sol, las sacamos a continuación a la intemperie y las adiestramos en dirección a un punto cardinal, fallarán y no serán capaces de encontrar la dirección a la que las hemos adiestrado. Serán capaces de encontrar su camino una vez hayan estado volando durante varios días y podido conocer la posición del Sol. La naturaleza nos demuestra una vez más su sabiduría, puesto que el Sol varía su ruta con las estaciones. Tampoco su ruta es la misma según la posición geográfica. Los animales voladores se despliegan sobre la tierra con cierta facilidad, por lo que sería poco indicado que estuvieran atados hereditariamente a un esquema determinado para *un* lugar fijo. Si tuvieran este esquema prefijado, el hombre, que con frecuencia cambia a los suministradores de miel de un lado para otro, tendría graves problemas. El apicultor puede estar satisfecho de que la abeja deba aprender en sus primeros días de vida el curso del Sol de acuerdo con las circunstancias que la rodean.

Es muy curiosa la gran habilidad de estos pequeños astrónomos que se pone de manifiesto al poder salir airosos de tan difícil prueba como la siguiente: se encierra la colonia de la colmena por las mañanas en una cueva, dejándola volar al aire libre sólo por las tardes. De este modo, las abejas jóvenes pueden observar el sentido del Sol únicamente por la tarde. Se las adiestra luego en una comarca para ellas desconocida durante la tarde, a una dirección del Sol determinada. A la mañana siguiente, se las deja en un lugar diferente al del día anterior: volarán en la dirección adiestrada. Las abejas, sólo con ver el curso del Sol durante la tarde, han captado la dirección solar de toda una jornada. Ya que no se distinguen precisamente por su inteligencia, cabe pensar que las abejas están especialmente dotadas por la naturaleza para captar el movimiento del Sol, por lo que se puede decir que el factor hereditario desempeña en este caso un papel importante.

La Luna y las estrellas brillantes, que eran los puntos

de referencia del firmamento utilizados por los vikingos durante la noche, no dicen nada a las abejas, puesto que permanecen recogidas durante aquellas horas. Pero bajo la inmensa bóveda azul del firmamento diurno superan en sentido de orientación a los mejores pilotos. Y esto es debido a que sus ojos perciben la luz polarizada y distinguen el sentido de su plano de polarización. Ya tenemos una idea del patrón de distribución de luz que se origina en las células visuales de cada omatidio por la luz polarizada. Aquél es rico en contrastes para la luz totalmente polarizada, pobre en ellos para la parcialmente polarizada y varía en su distribución de forma perfectamente determinada, según las alteraciones en el plano de vibración de la luz. Ahora bien, del firmamento azul nos llega luz polarizada, cuyos planos de polarización e intensidad dependen de cómo está situado el Sol, y para una posición determinada de este astro son característicos para cada uno de los puntos cardinales. Podemos convencernos fácilmente de esta aseveración, si disponemos de un polarizador en estrella (figs. 63 y 64), montado de manera que pueda girar en todos los sentidos y abatirse convenientemente (fig. 73). Al dirigirlo hacia distintos puntos cardinales, para cada uno de ellos se produce un patrón luminoso perfectamente determinado (fig. 74).

Pero este esquema de polarizador en estrella de ocho puntas no vale para todos los ojos de los insectos. La abeja sí tiene en cada omatidio ocho células visuales en forma de estrella, pero en cada dos rabdomas visuales colocados al lado y muy unidos los túbulos son iguales (fig. 75), o sea, la luz queda polarizada en la misma dirección.[1] En el polarizador en estrella hay que sustituir para este caso el modelo en estrella de ocho puntas por uno de cuatro puntas (fig. 76). La muestra está ahora menos estructurada. En cada omatidio sólo se

1. Comparar el esquema de la figura 66, página 126, para el omatidio de insectos; tal y como, por ejemplo, casi se realiza con moscas. Los túbulos están colocados de distinta forma en cada rabdoma visual.



FIG. 73. Polarizador en estrella montado sobre un bastidor metálico, de manera que puede dirigirse según todos los acimutes y todas las alturas, pudiendo medirse direcciones y ángulos mediante limbos graduados

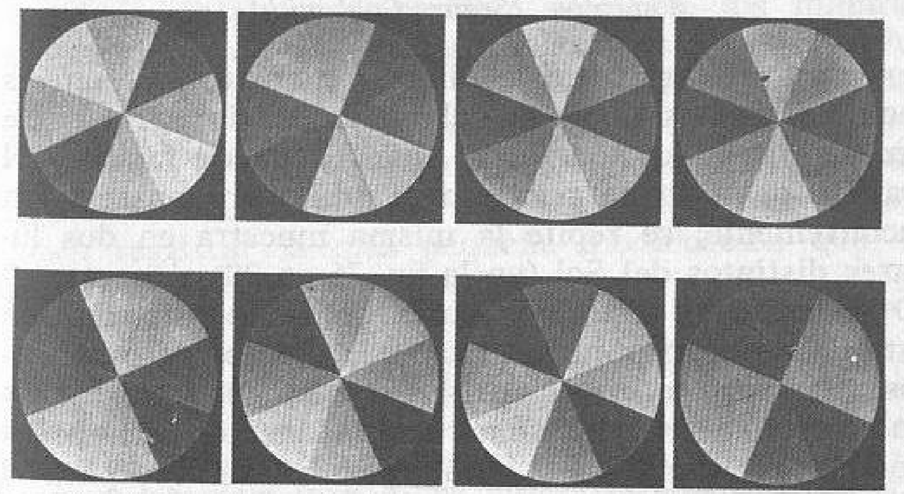


FIG. 74. Fotografías del cielo azul a través del polarizador en estrella. Altura sobre el horizonte 45°, a distancias siempre de 20° noreste a 50° sureste. Cerca de Munich, 11 de septiembre de 1964, desde las 15.03 hasta las 15.11 horas. *(Fot. M. Renner)*

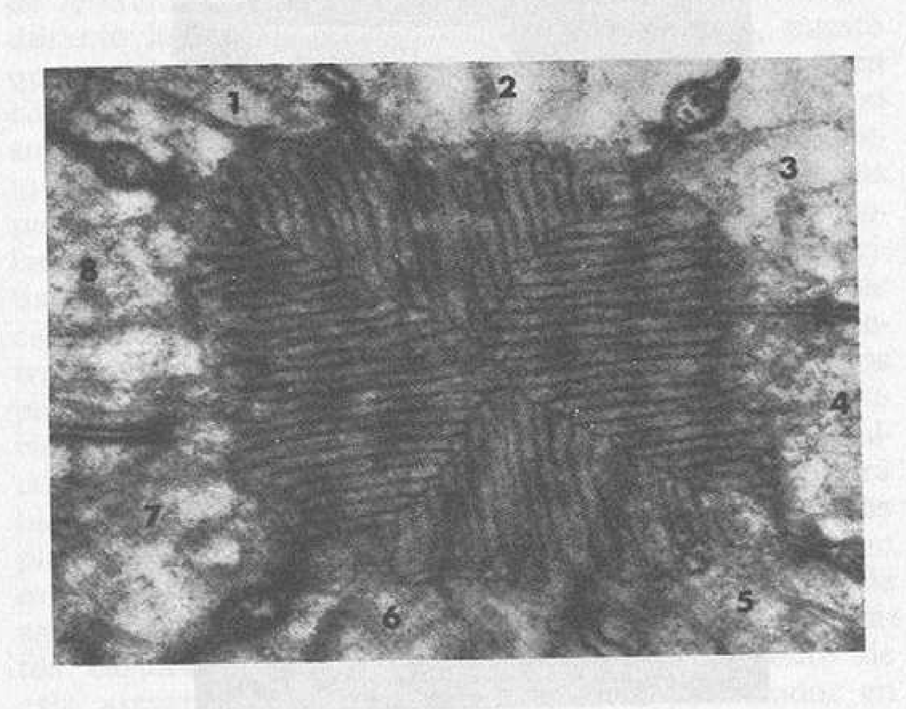


FIG. 75. Sección transversal del rabdoma en el omatidio de una abeja. De las ocho retínulas (1-8), se ve solamente la parte interior con las *rabdomillas*. Cada dos de ellas se funden en una, sus tubos finísimos (visibles como rayas) se orientan en la misma dirección. Fotografiada mediante microscopio electrónico, 29 000 aumentos. *(Según Goldsmith)*

forman dos claridades; la diferencia entre éstas en los sectores vecinos depende del plano de vibración de la luz. La simplificación de la muestra puede facilitar el trabajo del sistema nervioso central, pero aparece un inconveniente; se repite la misma muestra en dos lugares distintos del Sol (en la fig. 76 en 20° al noreste y 10° al sureste). Esto no ocurre con el polarizador en estrella de ocho puntas, ni tampoco en los otros círculos solares no fotografiados. En el caso que la dirección de vibración de la luz solar tuviera que ser reconocida por un solo omatidio el resultado sería dudoso para el ojo de la abeja. Al intervenir muchos omatidios se elimina este problema ya que las dos muestras semejantes (en fig. 76: 20° al noreste y 10° al sureste) tienen

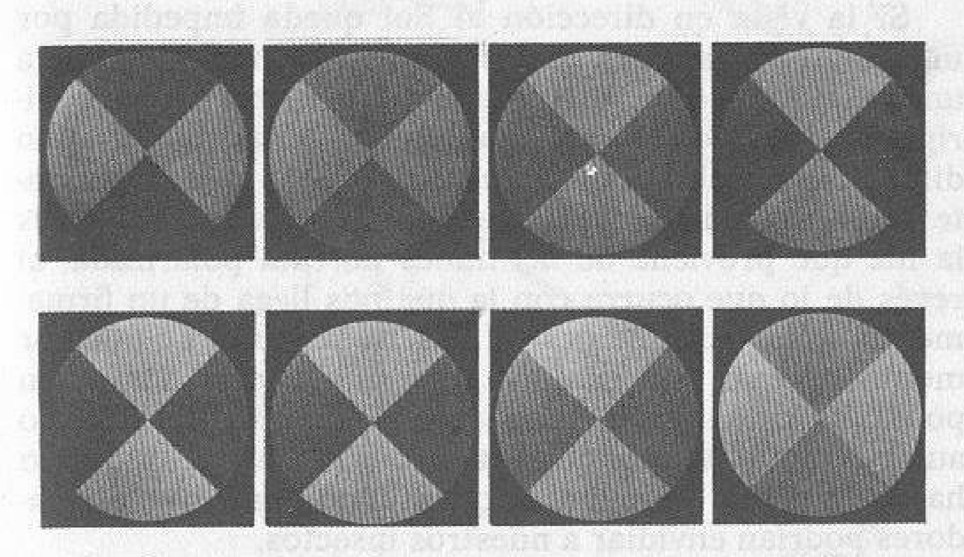


FIG. 76. Fotografías del cielo azul a través de un polarizador en estrella de cuatro divisiones, en las mismas direcciones y a la misma hora que en la figura 74. *(Fot. M. Renner)*

diferentes muestras vecinas y están claramente caracterizadas por éstas.

Basándonos en este hecho, podemos ya suponer que la abeja que se encuentra en vuelo puede determinar su situación no solamente con la pequeña porción de ojo dirigida directamente al Sol, sino que simultáneamente puede percibir mediante los millares de omatidios de que dispone los diversos patrones luminosos que caracterizan todos los puntos del firmamento, que vienen determinados por la posición del Sol. Así, la totalidad de sus ojos elementales ven toda la bóveda celeste, con sensaciones ópticas que le permiten registrar la más pequeña modificación que se produzca en su sentido de vuelo.[1]

1. La abeja no percibirá, ciertamente, algunos millares de estrellitas por separado, y realizará en esta forma la observación de sus modificaciones. Lo mismo que en nuestra percepción interna se funden las dos imágenes producidas en cada uno de nuestros ojos para formar una imagen corpórea, se formará, seguramente, una sola muestra o modelo en el cerebro de la abeja, y constituirá una imagen total, sencilla, de cuya naturaleza no nos podemos formar la menor idea.

Si la vista en dirección al Sol queda impedida por un monte o cualquier otro obstáculo, bastará a la abeja un pequeño trozo de firmamento azul para poder dirigir su vuelo con la misma seguridad que observando directamente el Sol.[2] Solamente el cielo completamente cubierto impide este método de navegación, pues la luz que proviene de las nubes no está polarizada, al revés de lo que ocurre con la que nos llega de un firmamento despejado. Pero si el Sol no se halla oculto por monte alguno, las abejas siguen aventajándonos en poder de orientación, pues entonces pueden percibirlo aun a través de una cerrada cubierta de nubes que lo hacen invisible para nosotros. Muchos marinos y aviadores podrían envidiar a nuestros insectos.

La competencia entre el cielo y la tierra

Ya que las abejas se orientan por un lado según el Sol y su luz polarizada y, por otro, según las características del terreno, nos gustaría conocer cuál de las dos orientaciones tiene para ellas mayor importancia. Lo podemos averiguar si hacemos que el cielo y la tierra compitan entre sí. Hacerlo no resulta difícil si encontramos la zona adecuada para realizar la prueba.

Colocamos un pueblo de abejas en el lindero de un bosque que limita con una gran pradera y habituamos al grupo de abejas numeradas, situadas en el lindero, a buscar sus alimentos hacia el sur (fig. 77 *a*). A la mañana siguiente llevamos las abejas a un lugar al lindero de otro bosque pero que vaya en dirección oeste-este (figs. 77 *b* y 78). ¿Qué harán ahora las abejas? ¿Volarán según el ángulo del Sol hacia el sur, o bien utilizarán el

2. Los ensayos de donde esto se dedujo, constituyeron la primera demostración de la percepción de la luz polarizada por el ojo de la abeja, de lo que hablaremos en las páginas 187 y siguientes.

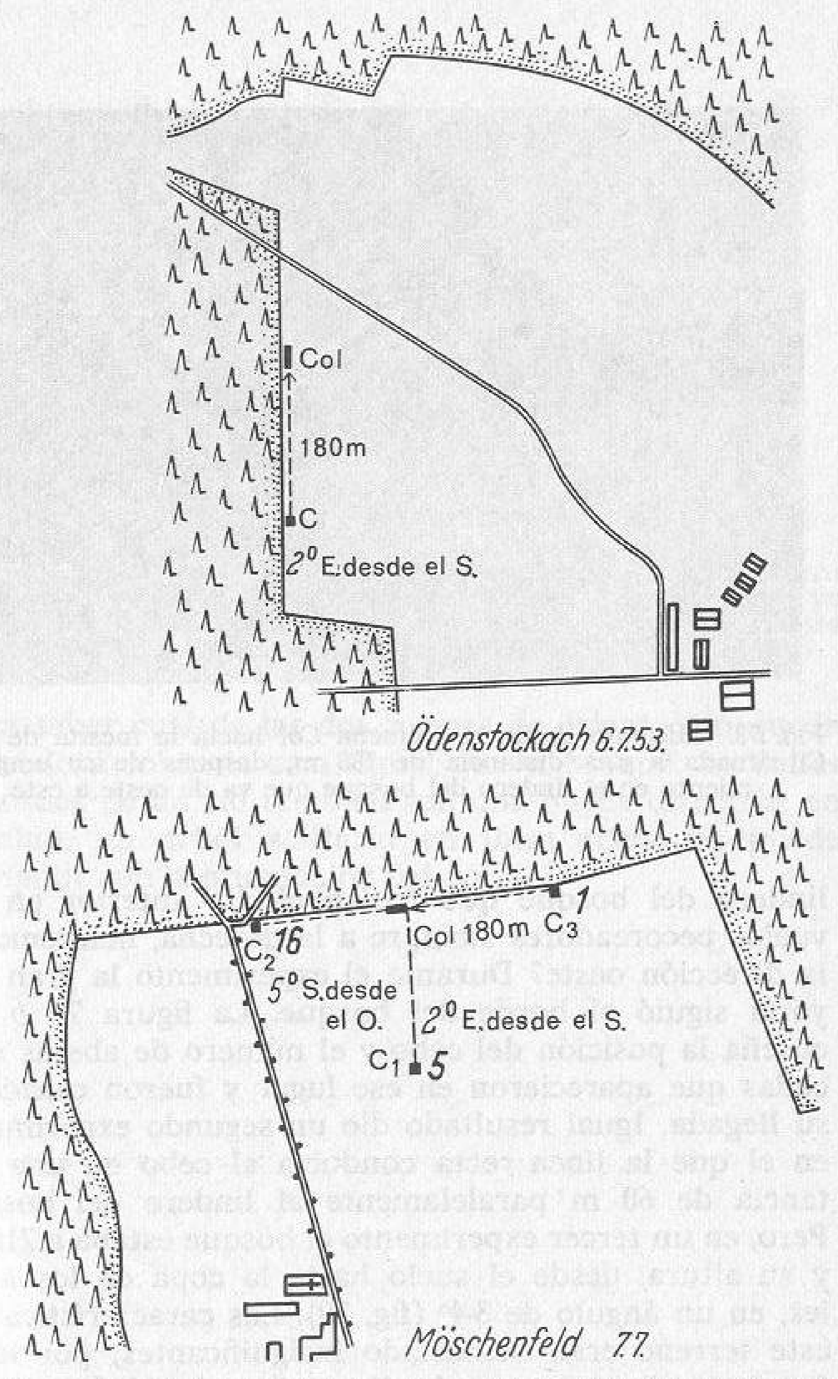


Fig. 77. *a*, Un grupo de abejas numeradas ha sido acostumbrado a volar desde la colmena *Col* hasta la mesita de cebo *C*, bordeando el bosque que se extiende de norte a sur. *b*, Emplazadas la colmena y la mesita de cebo al día siguiente en otro lindero del bosque, que se dirige de este a oeste, la mayoría de las abejas siguió el lindero del bosque como línea de orientación, en vez de regirse por la brújula celeste. F¹ a F³, mesitas de alimento. Las cifras adjuntas indican cuántas abejas del grupo numerado acudieron a cada mesita

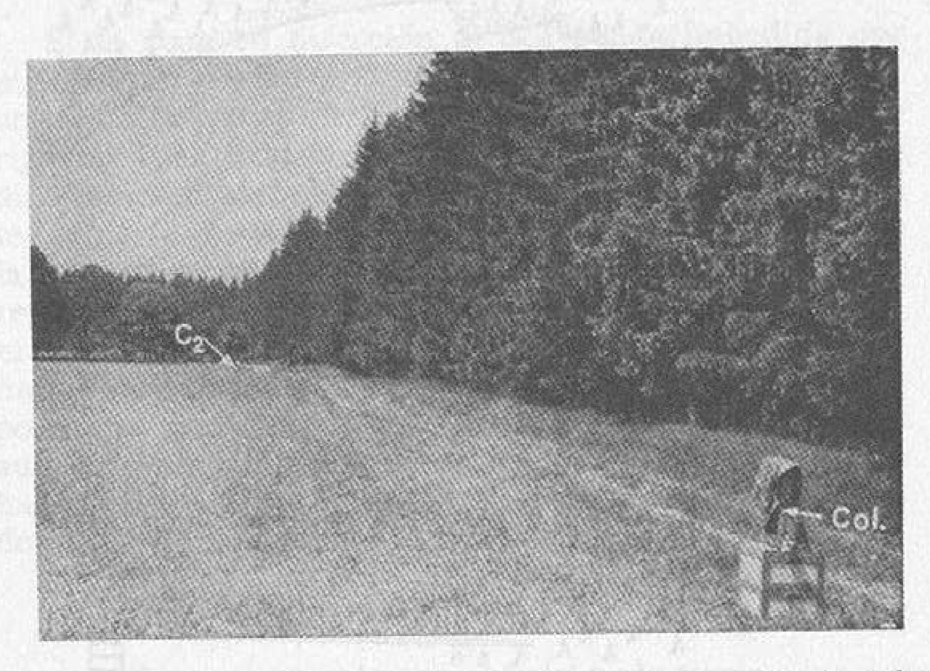


Fig. 78. Mirando desde la colmena *Col* hacia la mesita de cebo C_2 situada a una distancia de 180 m, después de su emplazamiento en el lindero del bosque que va de oeste a este

lindero del bosque que tenían el día anterior en sus vuelos pecoreadores siempre a la derecha, manteniendo la dirección oeste? Durante el experimento la gran mayoría siguió el borde del bosque. La figura 77 *b* nos enseña la posición del cebo y el número de abejas marcadas que aparecieron en ese lugar y fueron cazadas a su llegada. Igual resultado dio un segundo experimento en el que la línea recta conducía al cebo en una distancia de 60 m paralelamente al lindero del bosque. Pero, en un tercer experimento el bosque estaba a 210 m, y su altura, desde el suelo hasta la copa de los árboles, en un ángulo de 3-4° (fig. 79). Las características de este terreno eran demasiado insignificantes; por tanto fueron suplantadas por la dirección del Sol. Las abejas volaron en el experimento de cambio al campo abierto, en dirección sur.

Así se pueden hacer competir las características del terreno con la posición del Sol y. medir su importancia

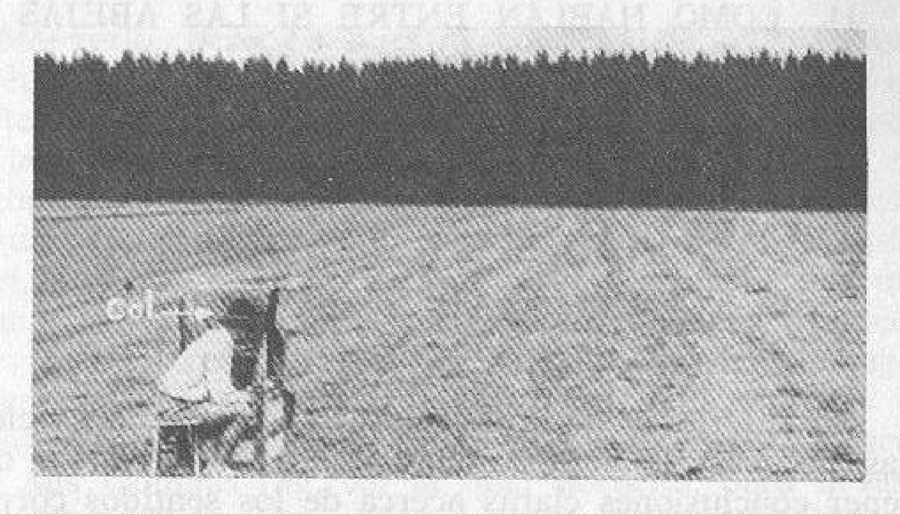


FIG. 79. Vista desde la colmena de observación hacia el lindero del bosque, a 210 m de distancia. A esta distancia, el bosque ya no es visible lo suficiente para imponerse a la brújula celeste como señal de orientación

para saber cuál de las dos formas de orientación queda vencedora sobre la otra. Igual que el bosque, las calles o bordes de un río también son una buena directriz; en cambio, un árbol solitario en línea recta no puede competir con la orientación del Sol.

11. COMO HABLAN ENTRE SI LAS ABEJAS

En anteriores capítulos nos hemos ocupado de ciertas pruebas de adiestramiento que nos permiten obtener conclusiones claras acerca de los sentidos corporales de las abejas. Condiciones básicas para estos experimentos eran que las abejas a quienes deseábamos adiestrar o habilitar llegaran hasta nuestra mesa. Para atraerlas hasta allí, existía, según dijimos, un método sencillo. Basta colocar sobre la mesa algunas hojas de papel sobre las que se dejan caer una gotitas de miel. A veces transcurren solamente unas horas, otras pasan días enteros hasta que llega casualmente al lugar alguna abeja, atraída por el olor de la miel, y se entera de la existencia del tesoro. Conseguido esto hemos alcanzado nuestro objeto y podemos disponer las cosas para llevar adelante nuestros experimentos, porque podemos ya estar seguros de que unos minutos más tarde no será esta sola abeja la que vuelva a tomar parte en el convite, y de que, pasadas algunas horas, podrán ser cientos de ellas las que acudan a la mesa. Si investigamos su procedencia encontraremos que todas pertenecen, casi sin excepción, a la misma colonia de la primera visitante. Parece ser, según esto, que aquélla dio noticia de la existencia del tesoro a su regreso a su ciudad de origen.

Ahora podemos intentar averiguar el *cómo* se transmitió tal noticia. Solamente existe un camino para aclarar este problema. Vigilar cuidadosamente su actuación cuando regresa al hogar y la manera de comportarse las otras obreras. En una colmena corriente no es po-

sible verlo, pero en nuestra colmena de observación (véase lo dicho en la página 65) podemos realizar el estudio suponiendo que hayamos marcado previamente a la abeja que descubrió el lugar en que pusimos el cebo (pág. 66), a fin de reconocerla en medio de la multitud y llevar a cabo la observación sin perderla de vista. Así, veremos que penetra por la piquera, sube por un panal y queda allí quieta. Entonces comienza a devolver la miel recogida, que va saliendo de su estómago formando unas brillantes gotitas en su boca. Dos o tres obreras más jóvenes acuden a ayudarla y recogen en sus trompas (fig. 80) la miel devuelta, para llevársela inmediatamente, bien para que sirva de alimentación a otras compañeras hambrientas, bien para depositarla en las celdillas almacén, tareas correspondientes a las obreras del interior, que no realizan las pecoreadoras. Entretanto se ofrece un espectáculo digno de ser cantado por los poetas que celebraron las abejas. Pero, como aquellos no llegaron a enterarse, tendrá el lector que conformarse con una prosaica descripción de lo que sucede.

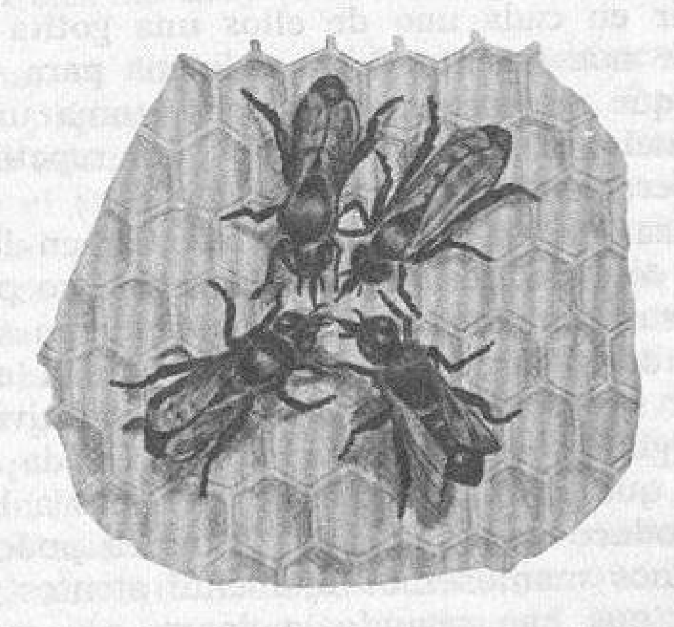


FIG. 80. Pecoreadora (inferior izquierda) que ha vuelto a la colmena y traspasa el néctar a otras tres obreras

La danza circular como medio de expresión

Una vez que la recolectora ha descargado su botín, comienza a realizar la *danza circular.* Con pasos rápidos de trote, describe una serie de círculos en derredor de la porción de panal sobre la cual se encuentra, variando con frecuencia el sentido de la marcha, de manera que unas veces se dirige hacia la derecha y otras hacia la izquierda, y efectuando estos cambios con tal frecuencia, que sólo describe uno o dos círculos en cada sentido. Esto se verifica en un lugar muy concurrido de la colmena, y se hace tanto más llamativo y estimulante por cuanto las abejas que se encuentran en las proximidades de la que realiza la marcha comienzan a trotar tras ella, intentando mantener sus antenas en contacto con el abdomen de aquélla, siguiendo todos sus pasos, de manera que la danzarina arrastra tras sí un grupo de abejas. Este torbellino dura algunos segundos, medio minuto, acaso un minuto entero, hasta que la danzadora se detiene y se separa de sus seguidoras, para volver a repetir el juego en otro u otros lugares del panal, dejando salir en cada uno de ellos una gotita de miel. Luego sale nuevamente de la colmena para volver al lugar en que se encuentra el cebo, toma una nueva carga y vuelve con ella al hogar para repetir allí las mismas operaciones.

La danza, ordinariamente, se efectúa en la oscuridad de la colmena cerrada. La danzarina no puede ser vista por sus compañeras. Si éstas observan su acción y siguen todos sus movimientos, se guían exclusivamente por sus percepciones táctiles y olfativas.

¿Qué significa esta danza circular? Queda fuera de toda duda que entre las obreras próximas a la que la ejecuta produce viva agitación. También podemos observar, si nos mantenemos fijamente atentos en algunas de las que han seguido la danza, que inmediatamente comienzan a hacer preparativos para su salida de

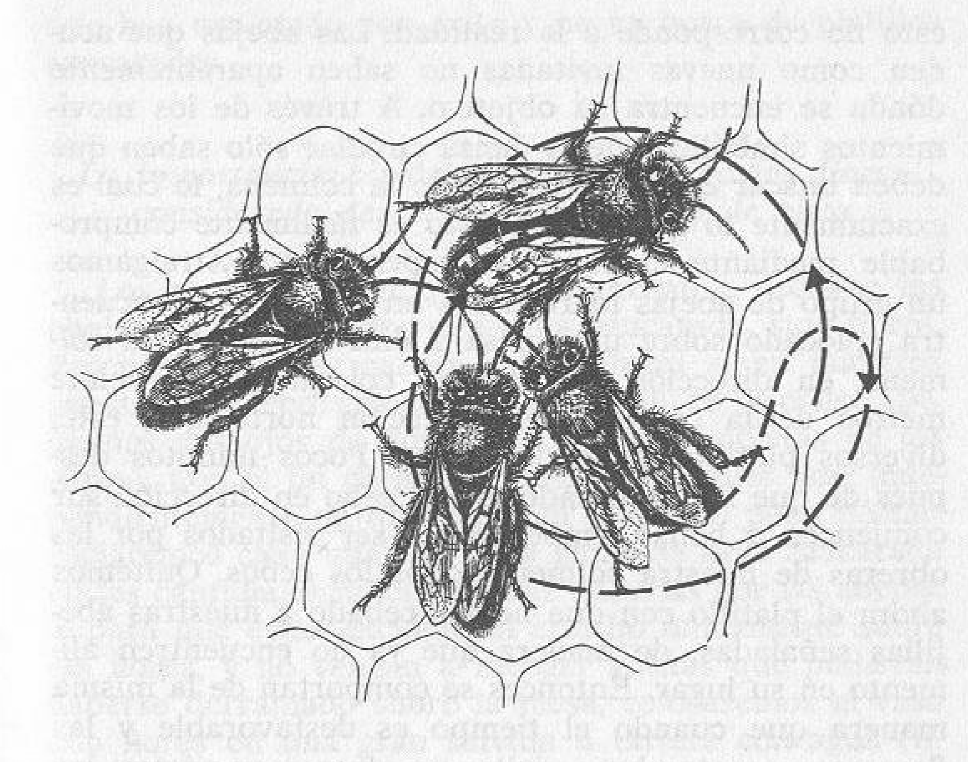


FIG. 81. La danza circular de una recolectora de néctar, sobre el panal. La danzarina es seguida por otras tres abejas que trotan tras ella para enterarse de la noticia

la colmena; se limpian algo apresuradamente, se dirigen a la piquera y abandonan el hogar. Poco tiempo después se unen a sus compañeras en el puesto en que se encuentra el cebo. Cuando estas nuevas comilitonas regresan a la colmena realizan a su vez la curiosa danza, y, como es lógico, cuantas más abejas la efectúan, más rápidamente aumenta el número de las que afluyen. No queda la menor duda acerca de la relación que existe entre una y otra cosa. La danza sirve para avisar a la colmena que se ha encontrado un rico filón. Pero, ¿cómo encuentran las abejas el lugar en que éste se halla?

La hipótesis en que se piensa primeramente es que, a la terminación de la danza, las abejas que la han presenciado en la colmena salen tras la danzarina y la siguen hasta el lugar en que se encuentra el cebo. Pero

esto no corresponde a la realidad. Las abejas que acuden como nuevas invitadas no saben aparentemente dónde se encuentra su objetivo. A través de los movimientos simbólicos de la danza circular sólo saben que deben buscar en las cercanías de la colmena, lo cual es exactamente lo que hacen. Esto es fácilmente comprobable mediante el siguiente experimento. Atraigamos un grupo de abejas marcadas a un cebo que se encuentra colocado sobre una mesa a diez metros de la colmena, en dirección sur. Luego, coloquemos a veinte metros de la colmena, en dirección norte, sur, este, diversos platillos sobre la hierba. Pocos minutos después de que las pecoreadoras del cebo en dirección sur comiencen a bailar, empezarán a ser visitados por las obreras de nuestra colmena *todos* los cebos. Quitemos ahora el platillo con que hemos cebado a nuestras abejillas señaladas, de manera que ya no encuentren alimento en su lugar. Entonces se comportan de la misma manera que cuando el tiempo es desfavorable y las flores que acostumbran visitar no ofrecen su néctar; las abejas permanecen en su hogar y no danzan. Y, entonces, podemos volver a colocar el platillo sobre la hierba, y acaso pasan muchas horas, o incluso días, sin que sea visitado de nuevo.

De esto sí que hay que maravillarse, pues las pocas abejas señaladas no son las únicas recolectoras de la colmena; mientras ellas acudían a nuestro platillo, centenares y aun millares de pecoreadoras de la misma colonia visitaban las flores más diversas recogiendo en ellas polen y miel. Cuando quitamos el platillo con cebo artificial todas ellas continúan realizando su labor recolectora entre las flores que habitualmente visitaban. Pero, ¿por qué todas estas recolectoras no envían sus compañeras a explorar en todas direcciones, mediante la misteriosa danza circular, con lo que descubrirían la existencia del platillo? La contestación es la siguiente: ciertamente las envían, cuando hallan un rico botín, pero su mensaje las dirige hacia la especie de flores

que han explotado con éxito y no en busca de platillos azucarados.

La importancia biológica del aroma de las flores considerada desde un nuevo punto de vista

Los recipientes en que acostumbran a saciarse las abejas no son platillos con agua azucarada, sino flores. Procederemos de manera más natural si en nuestros puestos de cebo colocamos, en lugar de aquéllos, pequeños manojos de flores de ciclamen (violetas de los Alpes). Con el fin de poder utilizar cualquier flor, independientemente de que secreten mucho o poco néctar. rociaremos cada una con unas gotas de agua azucarada en las cantidades habitualmente halladas por las abejas. Y para que éstas encuentren el cebo únicamente sobre las flores, y no vengan a recoger gotitas que pudieran haberse derramado sobre la mesa, colocaremos el vaso con flores en una gran salvilla o tartera con agua (figura 82). Las abejas marcadas encuentran rico cebo en las florecillas y danzan sobre los panales.

Coloquemos en lugar conveniente, sobre la hierba,



FIG. 82. Ciclámenes o violetas de los Alpes, como fuente de alimento para un grupo de abejas

el platillo con flores de ciclamen, pero sin añadir azúcar, y al lado otro platillo con otra especie cualquiera de flores, por ejemplo de flox (fig. 83). La alarma ejerce su acción y pronto vemos gran cantidad de abejas que buscan por el prado. No tardan en hallar nuestros floreros y comienzan a visitar el que contiene las flores de ciclamen con una tenacidad digna de mejor causa, como si tuvieran la seguridad de que allí han de hallar lo

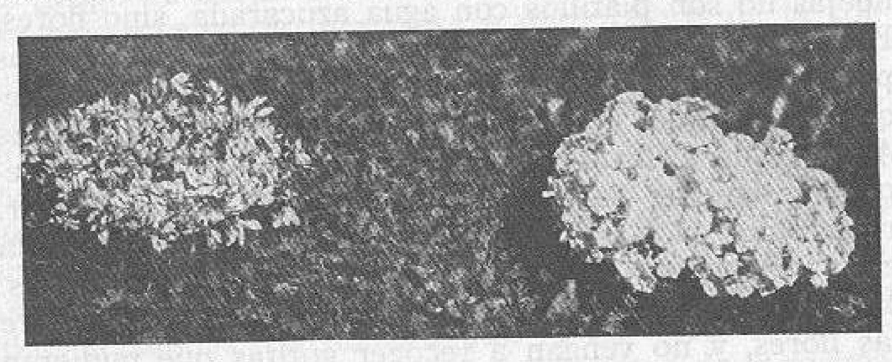


FIG. 83. Un platillo con violetas de los Alpes y otro con flores de flox, situados a corta distancia, sobre un prado, no lejos del lugar con alimento de la figura 82. Las exploradoras que llegan se interesan solamente por el platillo con violetas

que buscan. En cambio parecen desinteresarse por completo de las flores de flox.

Quitemos ahora el vaso que contiene las flores de ciclamen y sustituyámoslo por las otras flores, tratadas tal como hicimos anteriormente, es decir, poniéndoles un poco de agua azucarada. Acudirán las mismas abejas; pero ahora ya no recolectarán en los ciclámenes, sino en las flores de la otra clase (fig. 84). Sobre aquella porción de prado todo permanece invariable, y, sin embargo, la imagen se ha modificado por completo. El interés por las violetas de los Alpes ha desaparecido, y, en cambio, en todos los jardines vecinos en donde haya flores de flox veremos a las abejas buscando néctar en ella; cosa curiosa para quien sepa que las profundas corolas de estas flores no son accesibles más que para las largas trompas de las mariposas, y que las abejas no pueden alcanzar el néctar, por estar situado a demasiada pro-



FIG. 84. Alimentación de un grupo de abejas sobre flores de flox

fundidad para ellas, de manera que, en condiciones normales, jamás visitan esta clase de flores. Queda perfectamente demostrado que las abejas exploradoras saben lo que tienen que buscar, y que las danzarinas de la colmena les han comunicado la clase de flor que en aquel momento entrega su rico botín.

El ensayo se repite con el mismo éxito si empleamos violetas de los Alpes o flores de flox, gencianas o alverjas, cardos o ranúnculos, fríjoles o siemprevivas. La utilidad es evidente si tratamos de figurarnos las condiciones naturales. Cuando se abren las flores de una especie y son descubiertas por las abejas exploradoras, éstas dan cuenta de su hallazgo mediante la danza circular, en la colmena; en seguida, las abejas que han recibido el aviso vuelan rápidamente hacia aquella clase de flor que acusó la danza de la compañera, en la que se encuentra una gran cantidad de néctar, en lugar de perder el tiempo en búsquedas inútiles entre otras flores que no tienen nada que ofrecer. Pero, ¿cómo puede explicarse que así ocurra? No es posible admitir que el lenguaje de las abejas tenga un medio de expresión para cada clase de flor.

Y, sin embargo, es así. En este caso se puede hablar, verdaderamente, de un *lenguaje de las flores*, lenguaje de una sencillez y eficacia admirables y lleno de encanto.

Mientras las recolectoras se encuentran libando el dulce jugo en el cáliz de las flores, su cuerpecillo se impregna del olor de éstas: cuando regresan a la colmena, conservan perfectamente el olor y, sin perderlo todavía, realizan la misteriosa danza. Por esta causa las compañeras que siguen sus evoluciones sobre el panal se muestran tan interesadas en acercar a ella sus antenas (que no debemos olvidar que son sus órganos olfativos), con lo que procuran retener el olor de que se trata, que les sirve de punto de referencia y hacia el que se dirigen mientras vuelan sobre los campos.

Esta observación se comprueba de manera convincente si en lugar de flores se utilizan esencias o materias olorosas artificiales. Alimentemos a las abejas marcadas en platillos con agua azucarada, dispuestos sobre una base aromatizada con esencia de menta. Después de realizada la danza, las exploradoras vuelan en todas direcciones en busca de los objetos a los que hemos comunicado aquel olor con una pizca de la esencia, aunque su aspecto sea el de siempre. Otros aromas no les interesan. Si cambiamos el perfume dispuesto en el lugar del cebo modificaremos el objeto de la búsqueda de las exploradoras.

En la disposición primitiva, con que iniciamos nuestros experimentos, el cebo se hallaba colocado en platillos que carecían de fragancia especial, y, en este caso, las abejas que seguían a la danzarina no percibían olor específico alguno. También ahora salen sin aquella referencia en el amplio mundo exterior; saben que ninguna de las flores fragantes que sobrevuelan en su ruta son las buscadas y no pierden el tiempo en ellas.

Los estudios de la biología floral en decenios anteriores veían en el aroma de las flores solamente un medio para llamar la atención de los insectos que buscaban alimentos. Para las abejas es, además, una característica en virtud de la cual reconocen las flores que ya han sido visitadas, y que les permite diferenciarlas de otras de coloración análoga: hipótesis indispensable para explicar su constancia floral (págs. 76 a 81). Pero

su importancia va todavía más lejos. El aroma específico aportado a la colmena viene a ser equivalente de una expresión precisa de nuestro lenguaje articulado, en su misión de dar a entender cuál debe ser la meta de los futuros vuelos que estimula la danza llevada a cabo sobre los panales.

Cómo llevan al hogar las abejas el aroma de las flores

Un observador poco cuidadoso puede sentirse fácilmente inclinado a considerar gran cantidad de flores como «no aromáticas». Los amarillos ranúnculos, las azules celidonias o hirundinarias, las rojas habichuelas escarlatas se hacen visibles desde lejos, pero no embalsaman nuestras habitaciones. Y, sin embargo, quien no haya embotado excesivamente su olfato con el abuso del tabaco, percibirá en ellas suaves y característicos olores si se molesta en recoger un ramillete de tales flores y lo aproxima a su nariz. Las flores entomófilas completamente desprovistas de aroma son rara excepción, por ejemplo, el arándano o la vid silvestre. Para ellas falla, como era de esperar, la manera de comunicar a otras abejas la meta de los vuelos de recolección. Pero es verdaderamente asombroso que aromas apenas perceptibles basten para denunciar a sus compañeras la procedencia de la danzarina. ¿Cómo es posible que el tenue aroma de la flor visitada pueda persistir hasta la colmena?

La explicación se encuentra, en parte, en que los olores se adhieren al cuerpo de las abejas mejor que a otros objetos. El revestimiento exterior de estos animalillos parece haber sido dotado por la naturaleza de manera especial para absorber y conservar las materias olorosas.

Sin embargo, no es esto sólo: el néctar secretado por la flor (fig. 13) se halla contenido en un cáliz perfumado y, por tanto, se carga con el aroma específico de la flor. La pecoreadora que en ella realiza su carga

lleva a casa, en su vesícula de miel, junto con este néctar, una muestra aromática, que se comunica a las abejas que la rodean al devolver las gotitas de que va cargada. Entre ellas se cuentan las que son arrastradas en su danza y que salen luego en busca de nuevo botín, después de recoger la consigna proporcionada por el perfume. El olor aportado en la vesícula de miel en el interior de la abeja, y el que impregna exteriormente su cuerpo, son ambos eficaces.

Puede hacerse que las abejas se posen sobre las flores de ciclamen, y ofrecerles a través de la estrecha ranura jugo azucarado perfumado con flox, poniendo así en competencia u oposición dos aromas (fig. 85), el adherido a la superficie y el que lleva con el botín azucarado. Las abejas acudirán después en doble cantidad, en el lugar de la experiencia, al platillo perfumado con flox que al que lo está con ciclamen o violeta de los Alpes. Procedamos luego a ensayar en forma inversa, haciendo que las abejillas se posen sobre flores de flox y succionen líquido aromatizado con violeta de los Alpes.

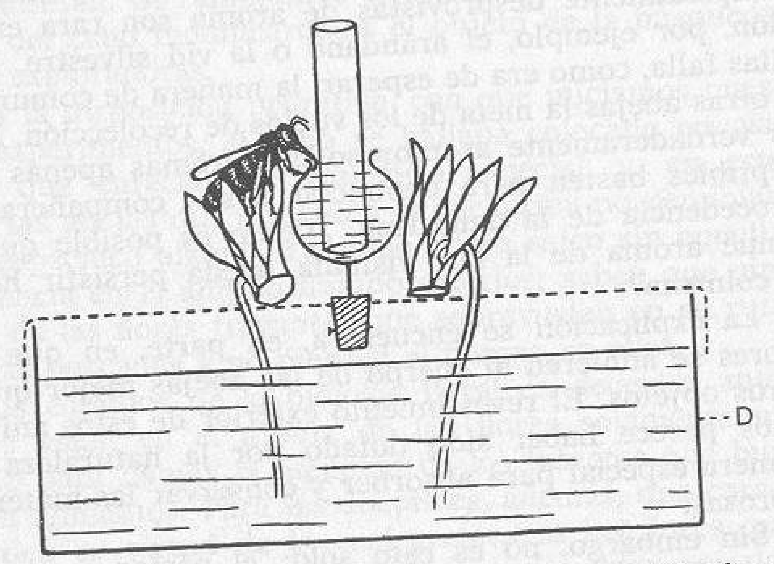


FIG. 85. La abeja succiona el agua azucarada aromatizada con flox, mientras su cuerpo se impregna del aroma de violetas de los Alpes. *D*, depósito con agua sobre el que se extiende una tela metálica fina

Ahora, las exploradoras acuden al platillo con líquido aromatizado con violeta alpina en doble número que las que lo hacen al platillo con flox. Según esto, el perfume correspondiente a la solución absorbida en el estómago es el que tiene más importancia. Y gana la preferencia de manera absoluta cuando el lugar de recolección se encuentra a distancia de la colmena. Los ensayos descritos hasta ahora se realizaban a unos 600 metros de la colmena. La mayor distancia de vuelo representa una notable acción de oreado del cuerpecillo de la abeja, con lo que el aroma a él adherido pierde mucho de su intensidad. Ahora las exploradoras que pululan en busca del cebo se rigen solamente por el aroma floral aportado en el buche de la descubridora.

De todo ello deducimos la gran importancia biológica del aroma del néctar, mediante el cual las abejas llevan a su hogar, como en un frasquito bien protegido, el olor de la flor de que procede para conocimiento de la comunidad.

La regulación entre la oferta y la demanda

La danza de las abejas adquiere toda su importancia biológica por la circunstancia de que solamente se realiza cuando se descubre una fuente rica en aprovisionamiento. Para un botín escaso, que no ofrece gran riqueza, no se producen danzas en la colmena.

Cortemos, por ejemplo, una rama de acacia en flor: coloquémosla en un recipiente con agua y pongámosla a cubierto del alcance de los insectos, de manera que pasadas algunas horas se haya acumulado en las flores una buena cantidad de néctar. Ahora pongamos la rama en un sitio visitado por las abejas. Es preciso realizar un pequeño truco para que sean visitadas, sin pérdida de tiempo, las flores cuya existencia es desconocida. Una vez conseguido, las abejas que visitan el ramo realizan en él la recolección y se comportan exactamente igual que cuando el cebo era simplemente un

platillo con agua azucarada. Liban mientras pueden, y a su regreso a la colmena efectúan la danza circular y se produce un rápido aumento de visitantes. De esta manera pronto son tantas las recolectoras que en breve tiempo se agota el néctar que puede recogerse en los cálices de las flores. Cuando la carga comienza a hacerse dificultosa por la escasez de material, y la recolección toca a su fin, cesan las danzas, y el escuadrón de recolectoras deja de aumentar.

Junto a la cantidad, ejerce también notable influencia la dulzura del néctar de que se trata. Si en un vaso de agua vamos echando terrones de azúcar, uno tras otro, llega un momento en que éstos dejan de disolverse, aun tras larga permanencia en el agua y bajo el efecto de una activa agitación del líquido; los terrones se desmoronan y el azúcar en polvo va acumulándose como sedimento en el fondo del vaso. Hemos preparado así una solución saturada que contiene tal cantidad de azúcar, que el agua no admite más. El néctar de muchas flores es una solución saturada de esta naturaleza. Su porteo al hogar, llenando el estómago y utilizando todas las fuerzas disponibles, resulta ricamente compensado. Otras clases de plantas forman en las mismas épocas néctar muy fluido, pobre en azúcar, pero dulce. Con la misma cantidad de líquido se transportan cantidades de azúcar mucho más reducidas. Hacer acudir a este lugar gran número de colaboradoras no sería conveniente y, en realidad, no se efectúa. Para que las abejillas dancen animadamente, no solamente debe existir gran cantidad de néctar, sino que éste debe ser además muy azucarado. Cuanto menos dulce sea, tanto menos se danzará, y cuanto más laxa y desanimada la danza, tanto menor el número de exploradoras que saldrán en busca del botín anunciado. Cuando el contenido de azúcar desciende por debajo de un valor determinado, cesan las danzas por completo, aun cuando el néctar fluya en cantidad abundante.

De esta manera tan sencilla se regula el número de

las recolectoras que acuden en busca de botín, según la cuantía y calidad de éste.

Cuando se produce la floración simultánea de varias especies de plantas, la más visitada será la que ofrezca mayor cantidad de néctar y en éste el contenido de azúcar más elevado. Las abejas que encuentren esta clase de flores danzarán con más viveza que las que han hallado un cebo menos rico. El olor específico de las abejas que realizan la danza garantiza el mayor éxito de la actividad por él regulada. Así puede avisarse con la máxima exactitud el día que debe recolectarse intensamente en la flor del ciruelo, por ejemplo. Así se conduce en abundancia un verdadero flujo de néctar a los almacenes de la colmena. Al mismo tiempo, se asegura la máxima actividad en la polinización de las flores que ofrecen el néctar más dulce y en mayor cantidad.

Un frasquito de esencia en el cuerpo de las abejas

Cada una de las obreras lleva consigo un *frasco de esencia* (órgano de Nasanoff) dispuesto para el uso; puede incluso decirse una *fábrica de esencia.* En su parte posterior, próximo a la punta del abdomen, se encuentra un pliegue de la piel que, ordinariamente, se halla replegado hacia dentro, de manera que permanece completamente invisible, pero que puede desenvaginarse a voluntad, apareciendo entonces como un muñón brillante y húmedo (fig. 86). En esta bolsa se encierra una materia odorífica segregada por una glándula especial y, cuando se abre, dicha materia puede expandirse al exterior. Este olor, que recuerda al de la melisa, es perceptible para el olfato humano. Para las abejas es un olor intenso y perceptible a muchos metros de distancia. Ya hablamos anteriormente de las abejas cuando «marcan de olor» el camino hacia la piquera (pág. 135). También las pecoreadoras utilizan este órgano odorífero al visitar las flores, y atraen de esta manera a las obreras que vuelan en un espacio distante algunos

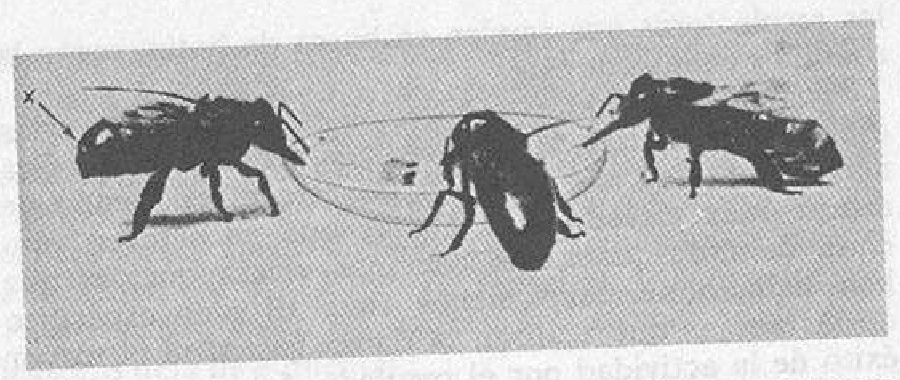


FIG. 86. Tres abejas junto a un platillo con alimento. El insecto de la izquierda evagina su *órgano olfativo emisor*, que puede verse en forma de rodete estrecho y brillante cerca de la punta del abdomen (debajo de la *X*). La abeja posada a la derecha tiene dicho órgano completamente recogido

metros. Facilitan a sus camaradas, avisadas ya por las danzas, a encontrar, a través del olor, su objetivo.

Podemos cerciorarnos de ello con el siguiente ensayo: colocamos cerca de la colmena, en observación, dos platillos con agua azucarada y a cada uno de ellos acudirá una docena de abejas. Provienen de la misma colmena, pero cada tropel sólo conoce *su* platillo. Ofrecemos en un platillo un «rico botín» (agua muy azucarada) y en el otro un «botín escaso» (papel secante empapado con agua poco azucarada). El tropel que acude al cebo abundante danzará al regresar a la colmena, el otro no lo hará. Al primer tropel se añaden, en el mismo espacio de tiempo, diez veces más nuevas abejas que al segundo tropel. Esto es muy significativo, pero ¿por qué ocurre de esta forma? Las compañeras en la colmena no pueden saber de dónde vienen las danzarinas ya que a ninguno de los dos cebos se les añadió una materia olorosa. Buscan en los alrededores sin objetivo fijo. Pero cuando se acercan al botín abundante son atraídas por el olor de las otras pecoreadoras que lo merodean, mientras que los animalillos que llegan a descubrir el botín escaso no dejan escapar el olor desprendido de sus glándulas y mantienen cerrado el órgano olfativo emisor.

Que realmente así sucede podemos controlarlo me-

diante la siguiente prueba: podemos cerrar el órgano olfativo de la abeja aplicándole una delicada capa de laca mediante un pincel. Ahora ya no pueden abrirlo. Pero esto no parece causar a las pecoreadoras la más pequeña molestia en sus quehaceres; bailan con un botín abundante de la misma forma. Ahora se ofrece en ambos platillos un botín abundante. Los dos tropeles danzan con entusiasmo. Pero el tropel que no expide emisión olorífera recibe diez veces menos afluencia de abejas en su cebo que lo hacen en el lugar del tropel capaz de expedir su olor.

El órgano olfativo emisor realiza el mismo papel en la busca natural de flores que en la búsqueda del platillo azucarado.

La danza del coleteo señala la distancia a que se encuentra el lugar de recolección

Durante muchos años repetimos nuestras experiencias colocando el cebo siempre en las proximidades de la colmena. No pareció nunca raro el que las exploradoras acudieran rápidamente y en gran número en las cercanías, y con más parsimonia, y en número más reducido, en zonas alejadas. Sin embargo, un día en que se había dispuesto el lugar de observación a algunos cientos de metros de la colmena, se observó que en sus proximidades se veía un reducido número de exploradoras, mientras acudían al lugar alejado verdaderos enjambres de obreras. Con esto se despertó la sospecha de que en la danza se daban también datos acerca de la distancia a que debía volarse.

Si se procede de manera que se señalen abejas en la colmena de observación de forma que puedan reconocerse las que acuden a un lugar cercano, así como las que van a gran distancia, los panales de dicha colmena ofrecen un espectáculo sorprendente. Todas las recolectoras del lugar próximo ejecutan la danza circular ya conocida (fig. 81), mientras las pecoreadoras

a larga distancia realizan una danza que denominaremos del *coleteo.* En ella las abejas describen un semicírculo estrecho; cambian bruscamente de dirección y marchan en línea recta al punto de origen; describen otro semicírculo al lado opuesto del anterior, hasta cerrar el círculo completo, para volver a marchar en línea recta, repitiendo esto durante algunos minutos, sobre el mismo lugar; medio círculo a la derecha, marcha en línea recta, medio círculo a la izquierda, marcha en línea recta, y así sucesivamente. Pero lo que distingue por completo esta danza de la circular es que, mientras se realiza, se acompaña de un rápido movimiento vibratorio de abdomen, a uno y otro lado, durante el tiempo en que se efectúa la marcha en línea recta, desde el fin de un semicírculo al punto inicial del siguiente (fig. 87).

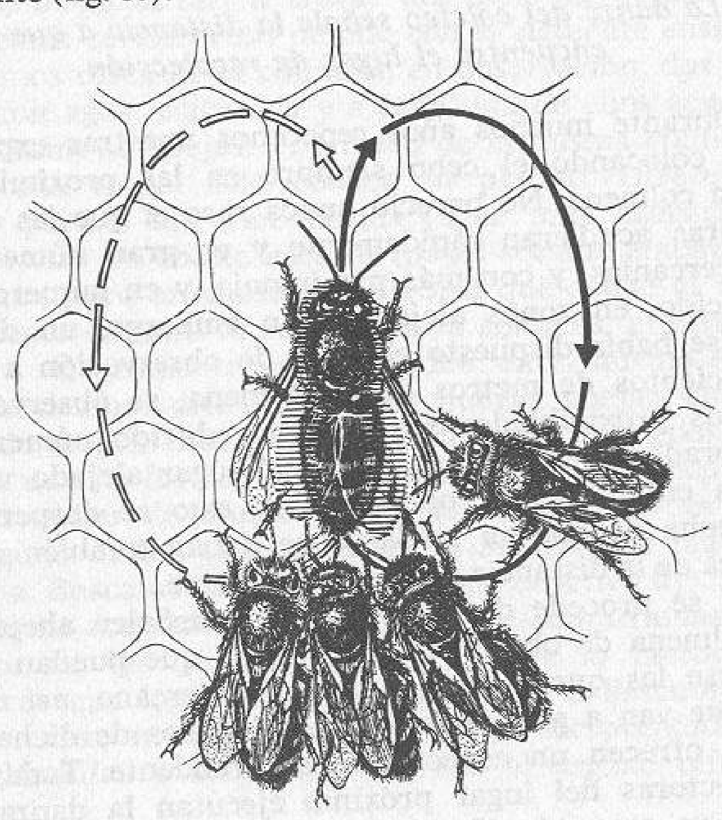


FIG. 87. La danza del coleteo

Al mismo tiempo la abeja emite un sonido también perceptible por el ser humano si colocamos un extremo de un tubo de goma en el oído y el otro extremo cerca de la abeja durante su danza. El sonido pudo ser registrado con ayuda de un micrófono. Las oscilaciones son realizadas como movimientos vibratorios cortos y repetidos (fig. 88). Cada movimiento vibratorio dura solamente un 15/1000 de segundo, una pausa de igual duración le separa de la siguiente vibración. La frecuencia de oscilación de los tonos únicos se acerca con aproximadamente 250 Hz en un octavo bajo el tono de camara a' y corresponde a la frecuencia de golpes de las oscilaciones de las alas; se trata, pues, de sonidos de

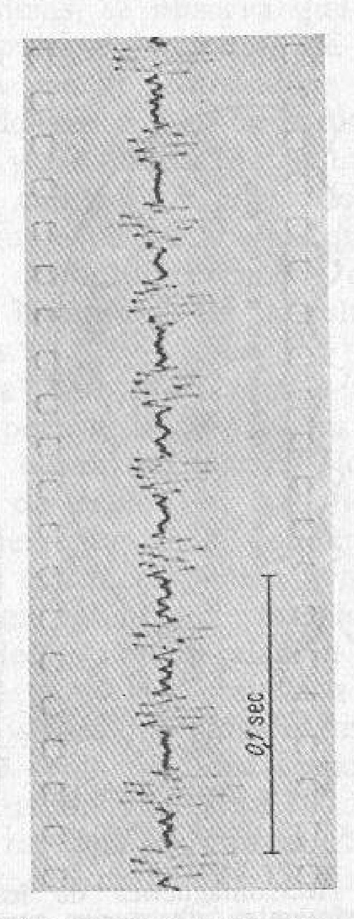


FIG. 88. Los movimientos vibratorios durante el recorrido de coleteo, grabados acústicamente. *(Según H. Esch)*

zumbidos cortos provocados por los músculos de vuelo en el tórax sin que se llegue a extender las alas. Aproximadamente treinta de estos movimientos vibratorios se siguen en el transcurso de un segundo. Es la última frecuencia la que nuestro oído escucha como zumbido. Pegando un minúsculo imán sobre la espalda de la danzarina pudimos también coger las oscilaciones en cinta electromagnética, en cuyo caso también se tomó nota de los movimientos de la cola de la parte trasera (fig. 89). Podemos ver que los cortos movimientos vibratorios son independientes de los movimientos de la

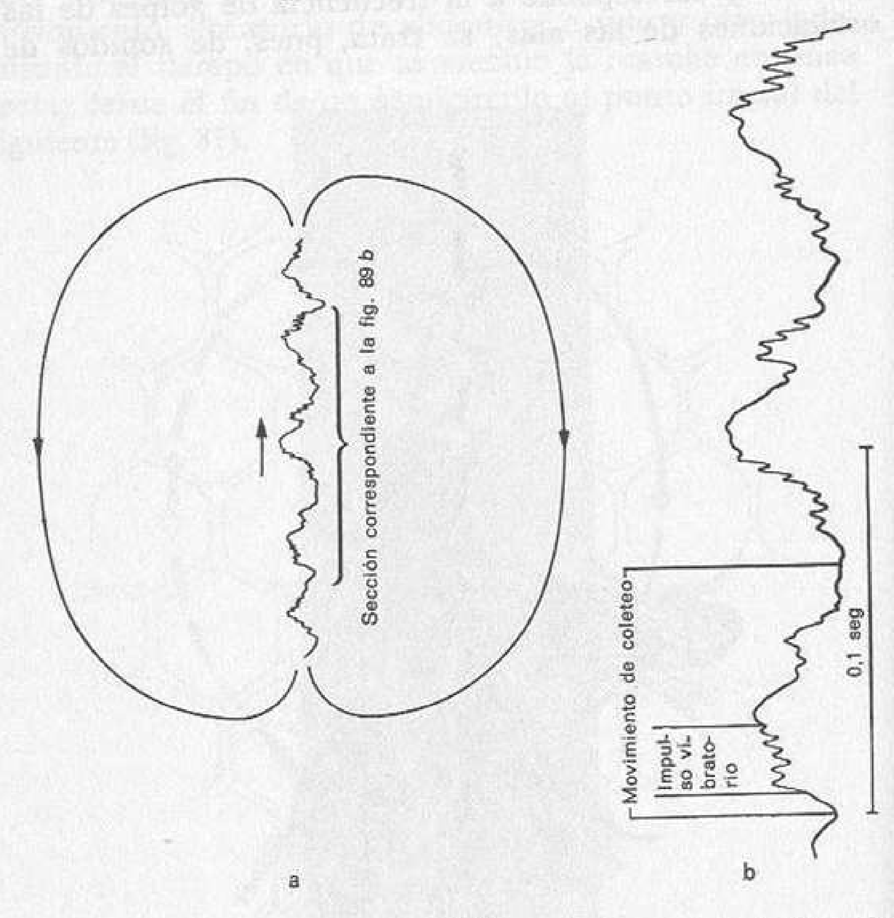


FIG. 89. Grabación electromagnética de los movimientos de coleteo, con los movimientos vibratorios superpuestos. Los tres movimientos de coleteo señalados en la figura *a* aparecen ampliados en la figura *b*. *(Según H. Esch)*

cola y por tanto no están sujetos a ellos. Pero la duración de los sonidos es igual a la duración de los coletazos, los cuales se «acentúan» no sólo por los movimientos sino igualmente por la producción de sonido. Ya hemos mencionado (p. 60) que las abejas no «oyen» las oscilaciones transmitidas por el viento pero que son muy sensibles a las vibraciones de las superficies bajo su cuerpo. De aquí los sonidos de oscilación de las danzarinas cuando las persiguen en el panal. La danza del *coleteo*, exactamente igual que la circular, despierta el más vivo interés entre las abejas que rodean a la que la ejecuta.

Si se escalonan los puntos de habituamiento o cebo a diversas distancias, se observa que la danza del coleteo comienza para alejamientos de 50 a 100 metros. Si dichos puntos van aproximándose tal danza deja de ejecutarse cuando nos hallamos a distancias comprendidas entre 100 y 50 metros de la colmena. La danza circular y la del coleteo son, pues, dos expresiones distintas en el lenguaje de las abejas, que sirven para designar un lugar de botín cercano y otro lejano, en el sentido que los habitantes de la colmena pueden dar a estos conceptos.

Ahora bien; el dato *más cerca* o *más lejos* de cien metros sería de poca utilidad para las pecoreadoras que han de salir en busca del néctar. No hay que olvidar que su campo de acción se extiende hasta algunos kilómetros en derredor de la colmena. Realizando ensayos a diversas distancias, hasta llegar al límite de su acción, se hicieron patentes ciertas particularidades que permitían establecer alguna relación entre el curso de la danza del coleteo y la distancia a que se hallaba el cebo; particularidades indudablemente sensibles tanto a los habitantes de la colmena como a los observadores humanos. Para distancias de 100 metros las vueltas se suceden con rapidez; las danzas son verdaderamente apresuradas. Cuanto mayor es la distancia, tanto más mesurada la danza, y con tanta mayor lentitud se suceden las vueltas unas a otras; tanto más majestuosa y

expresiva la marcha en línea recta, con su coleteo. Con el reloj en la mano, puede comprobarse que para una distancia de 100 metros las abejas efectúan de 9 a 10 recorridos rectilíneos por cuarto de minuto; si la distancia se eleva a 500 metros, estos recorridos se reducen a 6 en el mismo tiempo; a 4 o 5 para los 1 000 metros; su número desciende a 2 para los 5 000; y es solamente 1 para los 10 000 metros (fig. 90).[1]

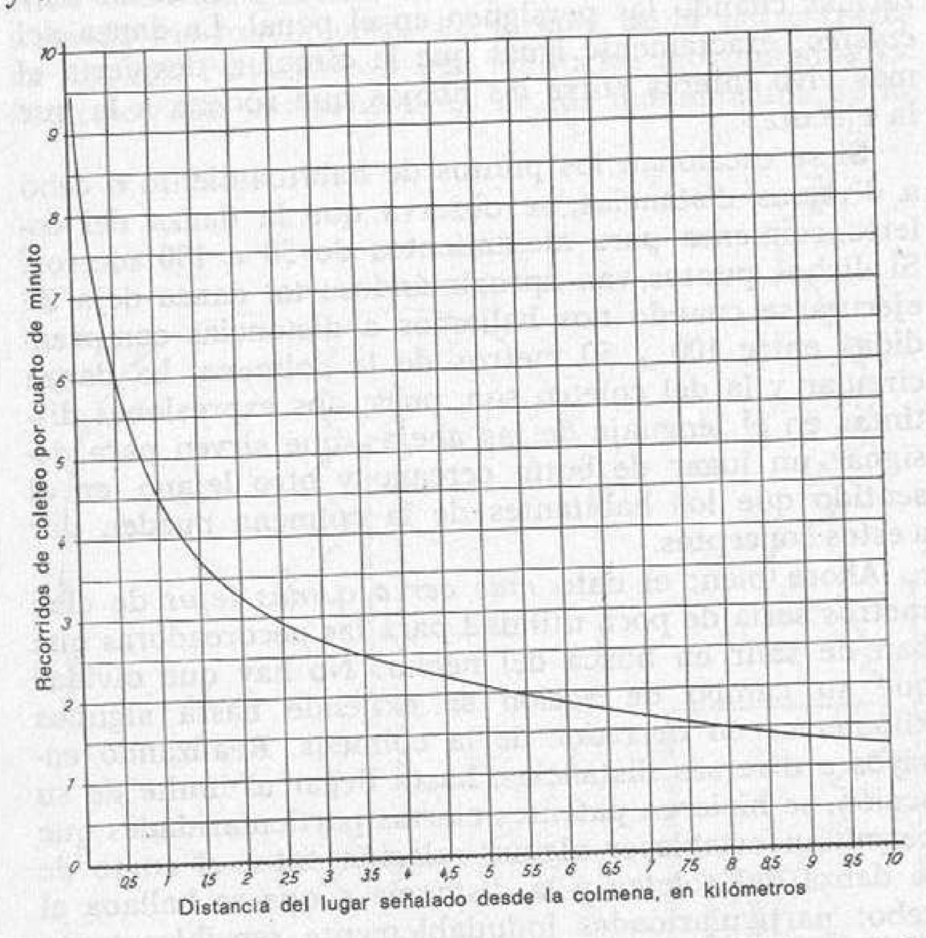


FIG. 90. En la curva puede verse cómo disminuye la viveza de la danza a medida que aumenta la distancia. *A la izquierda*: número de recorridos de coleteo por cuarto de minuto; *abajo*: la distancia entre el lugar de cebo y la colmena, en kilómetros

1. Hasta sitios tan distantes solamente vuelan las abejas cuando encuentran cebo muy abundante y no hallan nada en lugares más próximos.

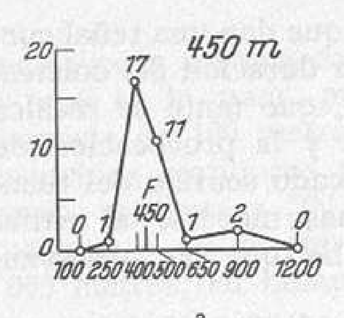
Muchas observaciones indican que dan una señal concluyente sobre la distancia con la duración del coleteo, a través del «tiempo de coleteo», que tanto se recalca con los movimientos de la cola y la provocación de sonidos. Deben de poseer un delicado sentido del tiempo, que permite a las danzarinas moverse al ritmo exacto; y, al mismo tiempo, a las que las observan, reconocerlo y valorarlo.

¿Tienen ciertamente tal capacidad? Y, siendo así, ¿con qué grado de exactitud señalan a las nuevas exploradoras mediante esta danza de coleteo las distancias a que deben actuar? Para saberlo, adiestremos algunas abejas numeradas a acudir a determinada distancia de la colmena, a un soporte aromatizado con esencia de cantueso, sobre el que existe jugo azucarado, y coloquemos cebos aromatizados de la misma clase, pero sin azúcar, a diversas distancias. Las abejas recolectoras danzan sobre los panales y envían a sus camaradas en busca de los botines con olor a cantueso.

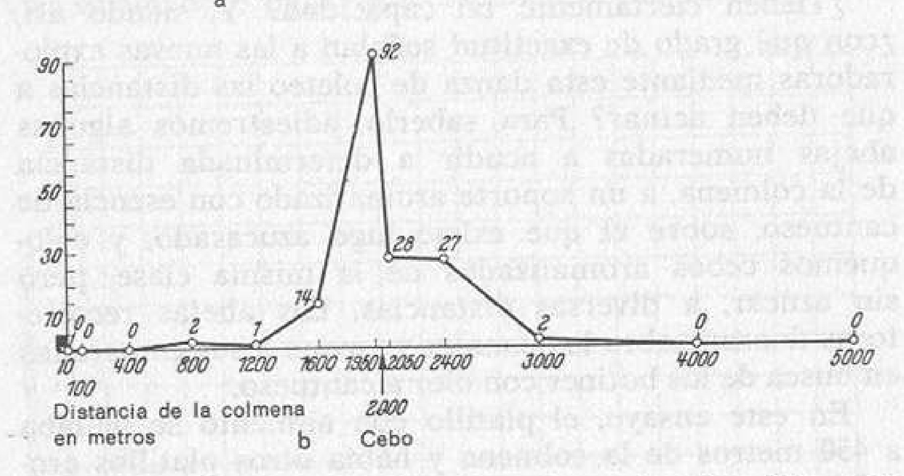
En este ensayo, el platillo con alimento se hallaba a 450 metros de la colmena y había otros platillos aromáticos, sin agua azucarada, a distancias de 100, 250, 400, 500, 650, 900 y 1 200 metros de la colmena.

Junto a cada uno de ellos se hallaba un observador, que reseñó durante hora y media a todas las abejas que se aproximaban. En la figura 91 *a*, se representan los números de las exploradoras llegadas a los diversos puestos de observación, y la curva muestra con toda claridad el resultado. En otro ensayo, el cebo propiamente dicho se hallaba a 2 000 metros de la colmena; los platillos aromatizados estaban distribuidos a distancias de 10, 100, 400, 800, 1 200, 1 600, 1 950, 2 050, 2 400, 3 000, 4 000 y 5 000 metros (fig. 91 *b*). Las abejas que recibieron la señal de alarma siguieron con atenta vigilancia la danza indicadora y buscaron luego, tenazmente, en las proximidades de la distancia debida.

Pero, ¿cómo saben, realmente, la distancia a que deben volar? Nosotros nos entendemos sobre distancias en metros, a veces, incluso, según el tiempo empleado;



a



b

FIG. 91. Resultado de dos «experimentos escalonados». Un puesto de alimentación con algunas abejas numeradas ha sido instalado para el experimento n.° 1 (*a*) a una distancia de 450 m de la colmena, y para el experimento n.° 2 (*b*), a 2 km de la colmena. Las cifras sobre los vértices indican el número de abejas exploradoras nuevas que llegaron a los correspondientes puntos de observación

por ejemplo decimos: «el lugar está a una hora de camino». Las abejas utilizan otro tipo de medidas: según *el esfuerzo*. A una distancia igual, si el viento sopla en sentido opuesto a la dirección en que se halla el botín, las recolectoras, a su regreso al hogar, indican distancias mayores que cuando el tiempo es quieto; para el viento de espalda las indicaciones corresponden a distancias menores de la real. Si con tiempo tranquilo tienen que realizar un recorrido sobre una ladera, cuando el vuelo ha de realizarse en elevación se señala una distancia mayor; si es un descenso, menor. Muy clara nos queda esta idea con el siguiente experimento:

podemos obligar a las abejas a que hagan a pie el camino de la colmena hasta el lugar de alimento poniendo un cristal casi encima del tablón que les sirve de camino, impidiéndolas volar. También las abejas que van a pie danzan a su regreso. Pero mientras que las abejas que habían volado libremente una distancia de 60-80 metros pasaban de la danza circular al coleteo, ocurría lo mismo con las abejas que anduvieron, pero recorriendo sólo una distancia de 3-4 metros. ¿Qué ocurría con el esfuerzo requerido? Se puede medir en su desgaste de azúcar, y éste era idéntico en una caminata de 3-4 metros que en un vuelo de 60-80 metros.

La danza del coleteo señala también la dirección en que el cebo se encuentra

Resultaría de escaso interés para las abejas el saber que existía a unos dos kilómetros de distancia un tilo en flor, si al mismo tiempo no pudieran indicar la dirección aproximada en que se debe realizar la búsqueda. En realidad, la danza del coleteo contiene tales indicaciones. La trayectoria seguida en la danza indica tal información y, más concretamente, su porción de recorrido rectilíneo.

Las abejas utilizan dos métodos para indicar la dirección, según que la danza se verifique como de ordinario sobre panales dispuestos *verticalmente* en la colmena, o sobre superficies *horizontales*; por ejemplo, sobre la tablilla de entrada ante la piquera. La indicación sobre superficie horizontal es, probablemente, la más antigua desde un punto de vista filogenético. También es más fácil de comprender, y por esta causa comenzaremos el estudio por ella. Debemos recordar que las abejas utilizan como brújula o compás de navegación, el Sol (págs. 137 y ss.). Si, por ejemplo, la pecoreadora en su vuelo desde la colmena al lugar de recolección tiene el Sol formando un ángulo de 40º ante ella y a su izquierda, se pondrá en la misma posición

al realizar la danza, señalando de manera directa la orientación a seguir para encontrar el botín (fig. 92). Las obreras que siguen los pasos de la danzarina mientras ésta da vueltas observan su propia posición con respecto al Sol cuando siguen el trayecto en que aquélla mueve el abdomen; si luego, al salir a explorar, toman la misma dirección, marcharán directamente hacia el cebo. Pero esto no puede realizarse más que cuando la danzarina ve directamente el Sol o, por lo menos, el firmamento azul (págs. 141 y ss., y 186). Por ejemplo, cuando la danza se realiza en la tablilla de aterrizaje

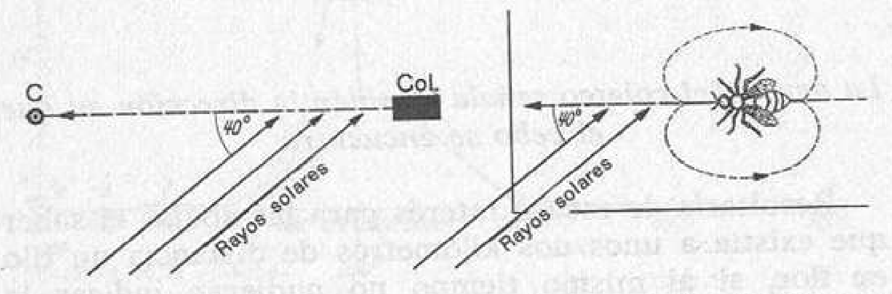


FIG. 92. Indicación de la dirección según la posición del Sol, para la danza sobre superficie horizontal

ante la piquera, lo que ocurre con frecuencia durante el tiempo caluroso en que gran parte de las obreras que se hallan en la colmena esperan a las pecoreadoras en dicho lugar. También se puede sacar un panal de la colmena y mantenerlo horizontalmente bajo el cielo azul. No es fácil hacer que las abejas se equivoquen en sus indicaciones. Señalan continuamente la dirección en que realizaron su cosecha; si hacemos girar el panal sobre el cual danzan, como se hace con una plataforma giratoria de ferrocarril, dejan girar la pista de baile bajo sus patas y siguen señalando la dirección correcta, como si fueran las agujas de una brújula. Pero tan pronto como se les oculta el firmamento comienzan a moverse de manera confusa, completamente desorientadas.

En el interior de la colmena reina la oscuridad, y allí no se ve porción alguna de cielo despejado; además,

los panales se encuentran dispuestos verticalmente y se hace así completamente imposible la transmisión de la información en la forma descrita. En estas circunstancias, las abejas utilizan el segundo método de danza, que es admirable. Transportan el ángulo con respecto al Sol que han mantenido para llegar al lugar del cebo y lo establecen con respecto a la fuerza de la gravedad, para lo que se sirven de las siguientes claves: la danza del coleteo dirigida hacia arriba significa que el cebo debe buscarse en la dirección del Sol; la danza hacia abajo, que se halla en la dirección opuesta; ejecutada, por ejemplo, formando un ángulo de 60° hacia la izquierda de la vertical y hacia arriba indica que el vuelo debe efectuarse formando un ángulo de 60° a la izquierda, o sea, viendo el Sol a la derecha; etc. (fig. 93). El ángulo percibido por las nuevas exploradoras, en la oscuridad de las colmenas, gracias a su perfecto sentido de la dirección de la gravedad, se convierte al realizar el vuelo en el ángulo horizontal que se mantendrá con la dirección del Sol.

De manera análoga a cómo hemos realizado la comprobación de la precisión en la información sobre la distancia, mediante un ensayo con puestos escalonados, necesitaremos ahora llevar a cabo otro ensayo de dirección con el fin de comprobar si los animalillos que han recibido la alarma o aviso vuelan realmente en la dirección supuesta al salir de la colmena. La figura 94 muestra, a manera de ejemplo, el resultado de estos experimentos. En un lugar situado a 250 metros de la colmena se ofreció alimento a algunas abejas marcadas, sobre una base aromatizada. A 200 metros de la colmena, con rumbos que diferían entre sí de 15°, se colocaron otros platillos, aromatizados pero sin cebo. Los números colocados al extremo del radio indicador de cada rumbo corresponden a los de obreras exploradoras que llegaron a cada puesto de observación durante hora y media; como se ve fueron pocas las que erraron el camino.

En los trópicos el Sol dos veces por año está al me-

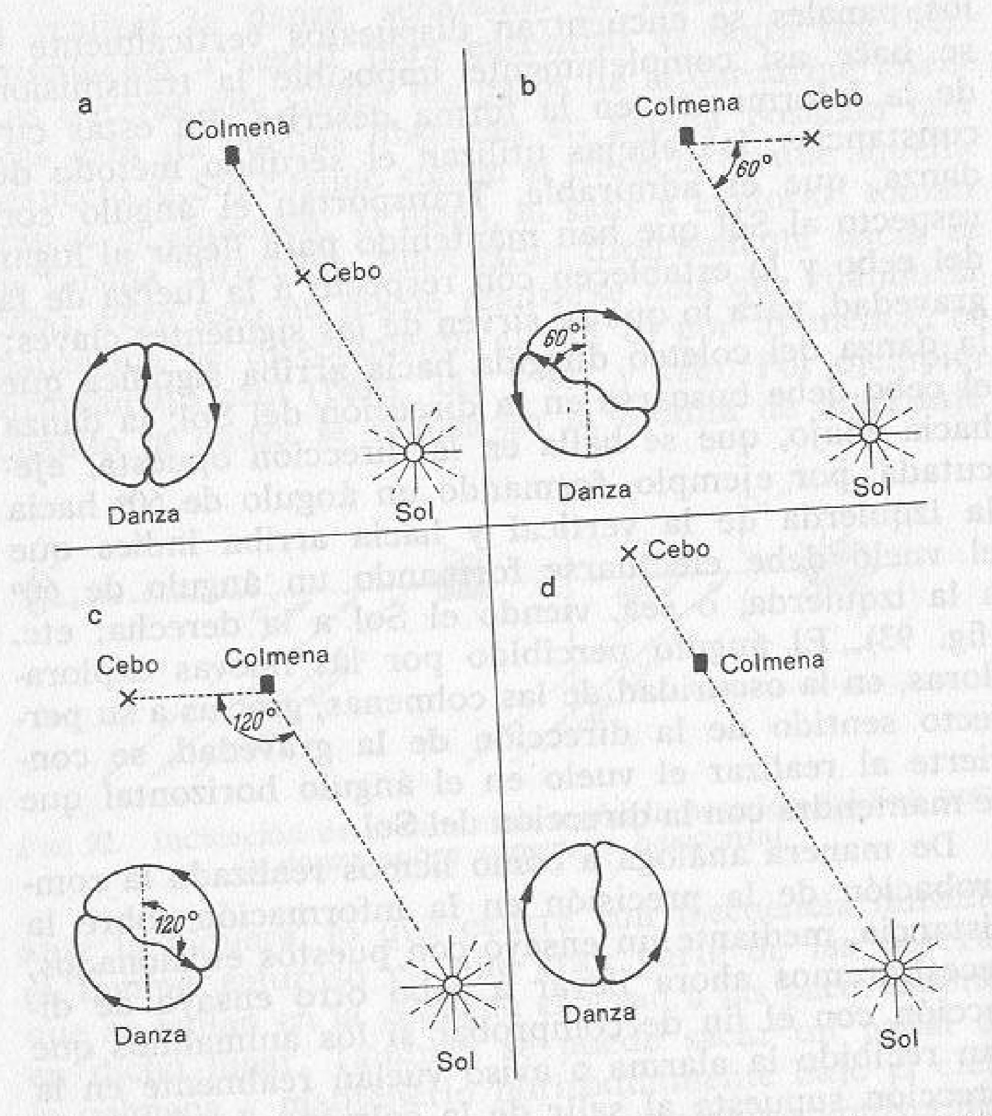


FIG. 93. Indicación de la dirección con referencia a la posición del Sol, cuando se danza sobre panales verticales. A la izquierda se indica en cada caso cómo la danza del coleteo está orientada sobre el panal vertical según la situación del cebo

diodía en el cenit, es decir, en *ninguna* dirección del cielo determinada, por lo que es imposible buscar la dirección del objetivo según la dirección del Sol. ¿Qué hacen en este caso las abejas? Han encontrado una solución fácil al problema: se quedan al mediodía en su hogar. Mientras que en general no se dejan influir por el calor de los trópicos para aprovechar sus fuentes de alimento, hacen una pausa durante el mediodía tan

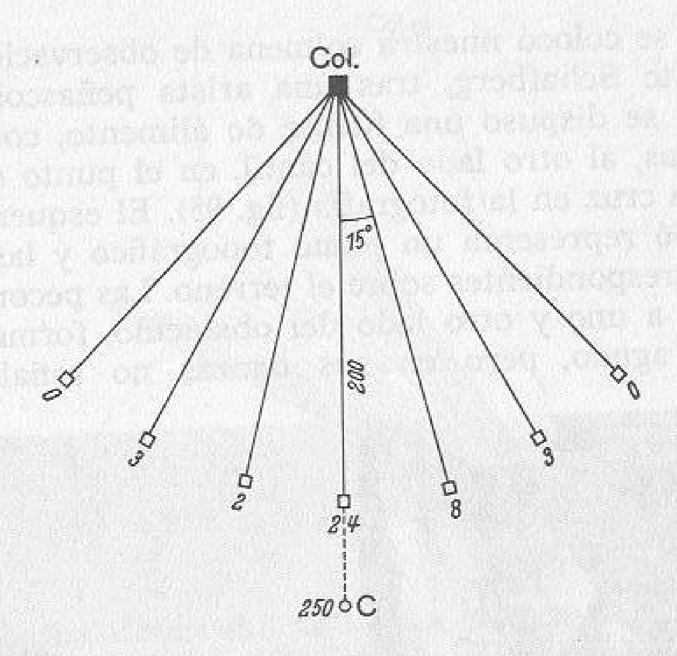


FIG. 94. Resultado de un ensayo «en abanico»: *C*, colmena; *Ce*, cebo. Los pequeños cuadrados significan recipientes aromatizados, sin cebo; los números colocados a su lado el número de exploradoras nuevas llegadas a cada platillo

pronto como el Sol se acerca a su cenit. Sólo engañándolas podemos obligarlas a ir en busca de sus fuentes de alimento durante estos períodos; si lo conseguimos, a su vuelta al hogar danzarán locamente y sin sentido alguno. Esto era de esperar y nos confirma su orientación al Sol. Fue inesperado que ya un ángulo de 2-3º del cenit fuera para ellas suficiente, capacitándolas para indicar en sus danzas la dirección correcta. Los ojos de facetas, colocados inamoviblemente en la cápsula de la cabeza y compuestos de miles de omatidios divergentes (figs. 55, 56, p. 114 y ss.) son unos medidores de ángulos perfectos.

En la montaña, ni aun los seres alados pueden seguir, muchas veces, un camino rectilíneo para llegar a su meta. ¿Qué gesto realizarán las abejas para indicar a sus compañeras las desviaciones que deben efectuarse en tales casos? La accidentada región que circunda el lago Wolfgang ofrece oportunidad de elegir múltiples lugares para llevar a cabo esta experiencia.

Un día se colocó nuestra colmena de observación sobre el monte Schafberg, tras una arista peñascosa, y en seguida se dispuso una fuente de alimento, con abejas marcadas, al otro lado del cantil, en el punto señalado con una cruz en la fotografía (fig. 95). El esquema de la figura 96 representa un plano topográfico y las distancias correspondientes sobre el terreno. Las pecoreadoras volaron a uno y otro lado del obstáculo, formando un ángulo agudo, pero en sus danzas no señalaron la

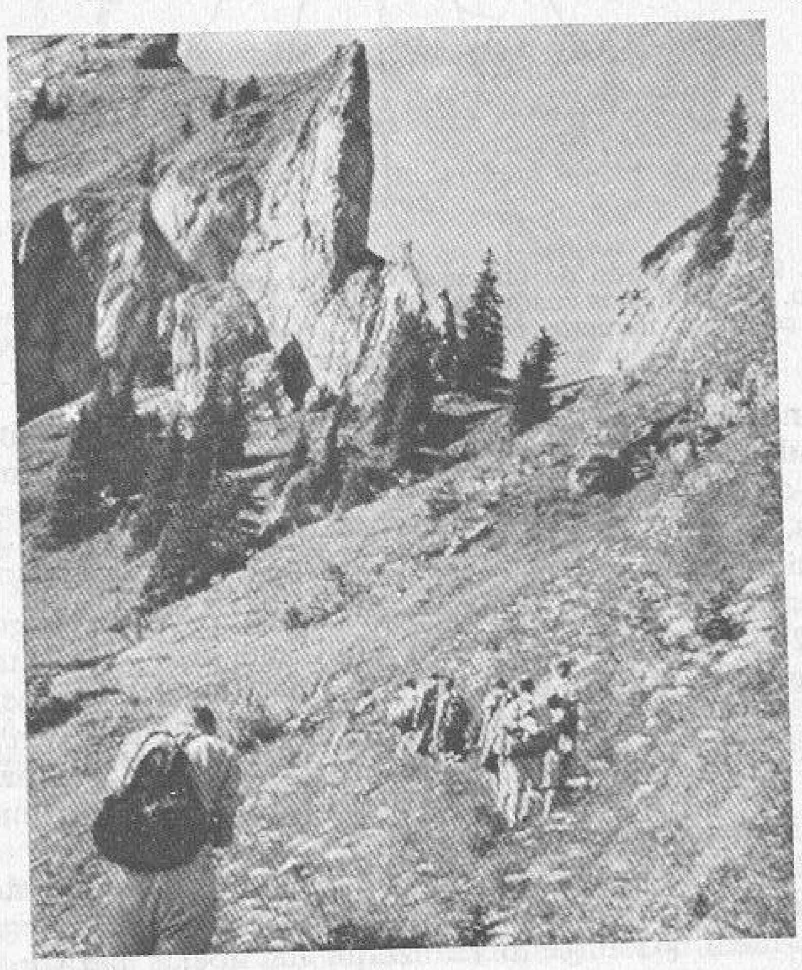


FIG. 95. Vista del Schafberg, en el paraje donde se realizó el ensayo de recorrido no rectilíneo. Cebo (X). La colmena de observación se hallaba al otro lado del cantil, aproximadamente a la misma altura

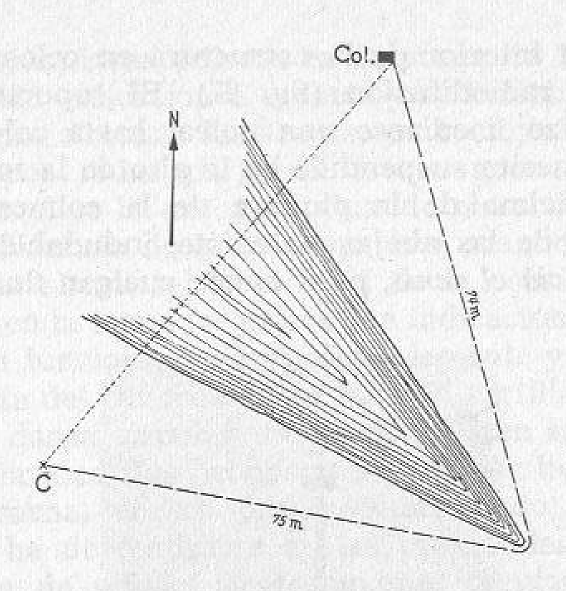


FIG. 96. Plano esquemático de la zona del Schafberg en que se realizó la experiencia. *C*, colmena; *Ce*, cebo. Línea de vuelo sorteando el obstáculo: ...Línea recta a la meta...

dirección de vuelo a la salida de la colmena, ni tampoco la del segundo tramo del recorrido —direcciones ambas que hubieran inducido a error a sus compañeras—; sus danzas señalaron la línea recta, por la que no habían volado. Solamente en esta forma podían indicar a sus hermanas de colmena el lugar exacto; éstas volaban en la dirección indicada mientras podían, y luego, como por la danza observada sabían la distancia de vuelo, buscaban a lo largo del obstáculo ofrecido por el cantil y acababan por hallar el paso hacia el lugar deseado. El comportamiento de las abejas que indicaban la dirección era adecuado a las circunstancias y totalmente sensato. Pero el que las nuevas exploradoras se hallen en condiciones de reconstruir el verdadero rumbo de manera tan exacta, sin goniómetros, escuadras, ni reglas de cálculo, es una de las maravillas que nos ofrece la asombrosa vida de las abejas.

Rápidamente ha podido verse cómo encuentran las abejas una solución, incluso para los más difíciles problemas de navegación. Sin embargo, una vez no supieron resolver el que se les propuso. Se colocó la col-

mena en el interior de la estructura en celosía de una antena de radiodifusión (fig. 97). El soporte del alimento se izó, mediante una polea, hasta colocarlo en forma de mesita suspendida en lo alto de la torre, exactamente encima de la piquera de la colmena. En el diccionario de las abejas no existe, indudablemente, el término *hacia el cenit*, pues nunca cuelgan flores de las nubes.

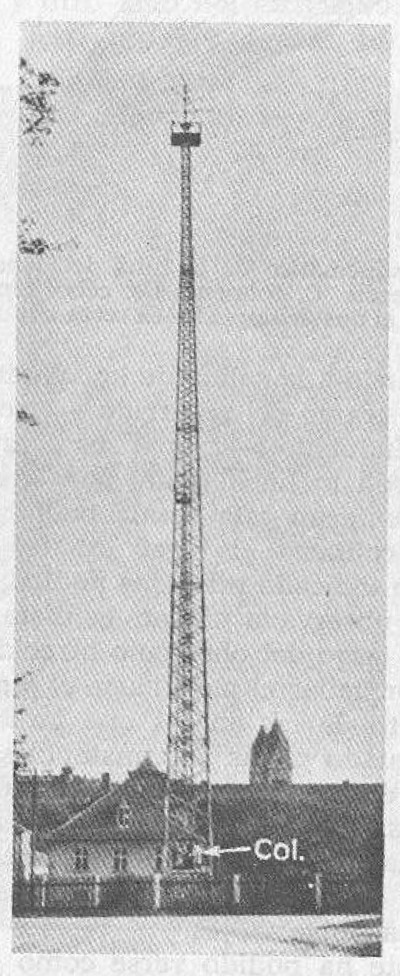


FIG. 97. Experiencia para tratar de descubrir las indicaciones de altura. *St.*, colmena de observación en el interior de la estructura en celosía de una antena de radio. El cebo se hallaba en la plataforma de la parte superior de la torre

Las exploradoras dejadas en la punta de la torre no supieron dar indicaciones exactas y se limitaron a efectuar la danza circular; las abejas que recibieron el aviso buscaron por todas partes el tesoro anunciado, pero ninguna de ellas lo encontró. Cuando el cebo se colocó a alguna distancia de la colmena, aun cuando estuviera a la misma altura sobre el nivel de la colmena a que se hallaba en la torre, los avisos con indicación de rumbo y distancia funcionaron irreprochablemente y con éxito.

La danza del coleteo con su porción rectilínea por un lado, y la danza circular por otro, parecen indicar con perfecta claridad dos hechos: que hay que buscar lejos de la colmena, en un punto determinado, y que la búsqueda ha de realizarse en las proximidades. Según un sistema de señales perfectamente regulado o establecido, las exploradoras que han de buscar en las lejanías reciben indicaciones concretas acerca de la meta del viaje. Pero aun cuando cientos de exploradoras salen de la colmena y siguen correctamente las indicaciones recibidas, la mayor parte de las veces hay algunas que se comportan de otro modo; por ejemplo, las que buscan en la lejanía cuando se ha ejecutado la danza circular (pág. 152), o buscan en la proximidad o yerran el rumbo cuando lo que se realizó sobre los panales fue la danza del coleteo (pág. 165 y fig. 87). ¿Es que no comprendieron? ¿O es que se trata de testarudas independientes que prefieren ir por su propio camino? Esta «equivocada» manera de comportarse, errónea desde el punto de vista de la mayoría, es una expresión de independencia que también tiene su utilidad. Si un campo de colza se encuentra en floración hacia el sur, es muy justo y conveniente enviar hacia allí escuadrones de recolectoras; pero también es conveniente enterarse, al mismo tiempo, si no habrá en otros lugares campos de colza en que comiencen a abrirse miles de capullos. A los insectos que se niegan a seguir la corriente hay que agradecerles el rápido descubrimiento de todos los lugares en que encuentra pasto abundante el pueblo de las abejas dentro de su radio de vuelo.

La danza de las recolectoras de polen

Además de miel, el pueblo de las abejas recolecta otro alimento que le es absolutamente indispensable: el polen. También las recolectoras de éste comunican a las otras abejas la existencia de polvo floral, y lo hacen en la misma forma que las recolectoras de miel. Efectuando asimismo danzas en redondo para los lugares próximos y danzas de coleteo para los lejanos, siguiendo las mismas normas correspondientes a rumbos y distancias.

Pero en estas danzas se observa una pequeña diferencia. En el caso de las pecoreadoras de miel, la indicación de la clase de flor que ha de recolectarse se verifica mediante el olor de que se encuentra impregnado el cuerpo de la abeja y el del néctar que ésta aporta en su estómago (págs. 159 y ss.). Las recolectoras de polen no acarrean néctar aromático, pero el polen aportado lleva consigo una porción de la flor visitada. El polen de cada flor tiene un olor característico, claramente distinto del de los pétalos de la misma flor, o del del polen de otras flores. Así, pues, las pelotillas de polen constituyen ahora los mensajeros que indican la flor de que se trata. Este hecho se demuestra mediante el ejemplo siguiente:

Preparemos para las colectoras de polen de nuestra colmena dos lugares con alimento: en uno (*Ce* de la fig. 98) viene a recolectar un tropel, numerado, sobre

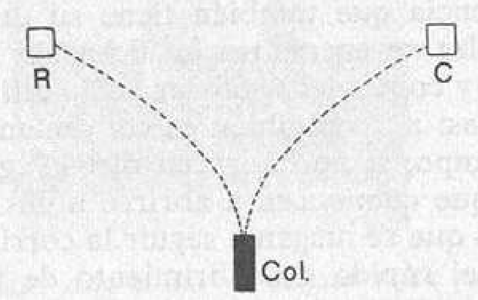


FIG. 98. *C*, colmena; *Ce*, cebo con rosas; *Cc*, cebo con campánulas. (Explicación en el texto)

rosas silvestres; el otro (*Cc*) es visitado por un grupo distinto, que cosecha polen de campánulas. Si quitamos las flores en ambos lugares y dejamos transcurrir una corta pausa sin darles alimento, tras algunos ensayos totalmente vanos todas las recolectoras acaban quedándose en la colmena y sólo de tarde en tarde llega alguna exploradora para comprobar si hay novedades. En el punto en que había campánulas, volvamos a colocar flores de esta clase con polen en abundancia; no tarda mucho en hallarlas alguna de aquellas exploradoras curiosas que, inmediatamente, llena sus cestillos, vuelve cargada al hogar y ejecuta la danza. Bajo su efecto reaccionan inmediatamente las pecoreadoras que anteriormente se ocupaban en el trabajo sobre estas flores, que son las que se hallan habituadas a su olor; se apresuran a salir y a ponerse de nuevo en actividad, y regresan cargadas a la colmena, donde no tardan en arrastrar con sus danzas a nuevas recolectoras. Pero las que anteriormente se ocupaban en las rosas siguen sin salir de la colmena, porque saben que el olor de las campánulas no va para ellas.

Después de esto, nos queda todavía por investigar si lo que determina la salida es el aroma de los pétalos o el olor del polen. Pero ahora debemos llevar a cabo el ensayo de otra manera.

Intercalemos nuevamente en ambos puntos de recolección una cierta pausa, y luego volvamos a colocar en el que había campánulas un manojo de estas flores, cuyas anteras hemos sustituido por otras tomadas de rosas (fig. 99 *b*). No tarda en llegar una pecoreadora, encuentra las campánulas en el lugar ordinario, visita las flores y llena sus cestillos. Una abeja del grupo de las pecoreadoras de campánulas ha realizado su recolección en el sitio en que se encontraba esta clase de flores, pero el polen allí recogido es polen de rosas. La obrera vuela hacia casa, danza, y... todas las compañeras de su grupo que pecorearon con ella durante horas y días, y visitaron el grupo de campánulas, no parecen enterarse de los vivaces movimientos de su abdomen, mientras

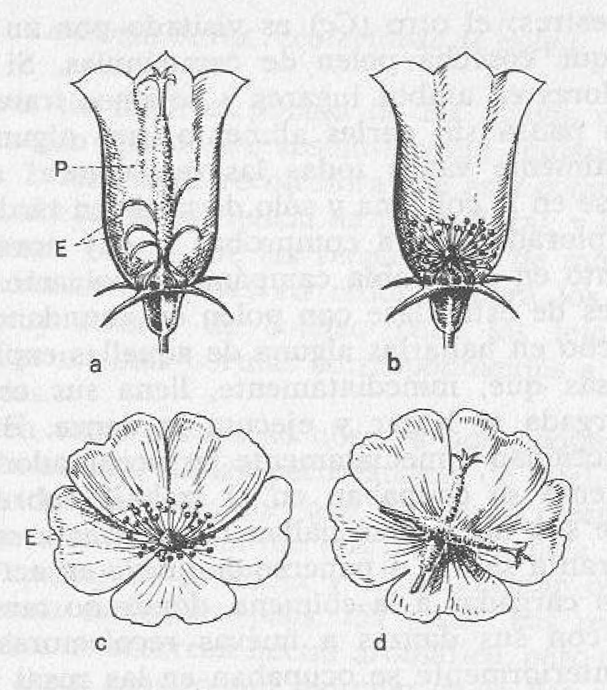


FIG. 99. *a*, flor de campánula *(Campanula medium)*; una parte de la corola se ha separado para que pueda verse el interior; el polen de los estambres que se encorvan queda adherido en su mayor parte al pistilo. *b*, flor de campánula; las partes con polen han sido separadas y sustituidas por las de una rosa; *c*, rosa *(Rosa moschata)*; *d*, rosa, después de quitados los estambres propios y sustituidos por dos pistilos de campánula que llevan polen adherido. *E*, estambres; *P*, pistilo

que las pecoreadoras de rosas se apresuran vivamente a unírsele, a pesar de ser extrañas a su grupo, disponiendo sus cestillos y dirigiéndose tumultuosamente a la piquera, para volar hacia el grupo de rosas en que tenían costumbre de realizar su recolección y donde ahora buscan en vano las anunciadas flores. Las abejas han sido burladas, pero nosotros hemos adquirido la certidumbre de que no es el aroma de los pétalos de campánula lo que ha puesto en actividad a las pecoreadoras, sino el del polen llevado a casa, que provenía de las anteras de rosa insertas en las campánulas y que ha sido el elemento decisivo para poner en actividad a las obreras.

La inversión del ensayo produce el efecto contrario. Una exploradora que recoge en las rosas polen de campánula, alarmará con sus danzas a las habituales recolectoras de polen de campánula (fig. 99 *d*).

Una colmena de observación abatible y que sirve para demostrar la percepción de la luz polarizada

Con el fin de estudiar con más exactitud el comportamiento de las abejas sobre el lugar de danza horizontalmente dispuesto, se utiliza una colmena de observación que puede abatirse o girar. Mediante la presión ejercida por unas tuercas de mariposa, se la puede dejar colocada en cualquier forma, inclinada como se desee en cada caso. Basta que la superficie del panal presente una inclinación de aproximadamente 15° (figura 100) para que las abejas que efectúan la danza del coleteo transporten convenientemente los ángulos azimutales del lugar de cebo y los expresen en ángulos referidos al borde superior de la superficie inclinada.

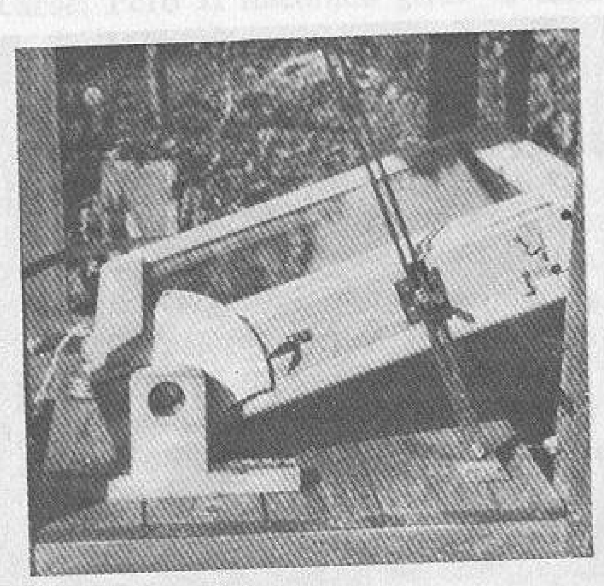


FIG. 100. Colmena de observación abatible en posición oblicua. Incluso siendo la inclinación tan pequeña, las abejas son capaces de ejecutar su danza según la dirección de la fuerza de gravedad

Se ve, con toda claridad, que poseen una finísima sensibilidad en lo que respecta a la dirección de la fuerza de gravedad (pp. 24, 25 y fig. 11).

Cuando el panal se halla completamente nivelado u horizontal no pueden expresar las direcciones subiendo o bajando (p. 175 y fig. 93) y es entonces curioso ver cómo, en tales circunstancias, las abejas danzan con celo no aminorado. Como el firmamento no es visible para ellas, lo verifican sin la orientación debida en su recorrido rectilíneo de coleteo y modifican continuamente y de manera desordenada dicha dirección; pero, tan pronto como se las deja percibir un trozo de cielo azul, o alcanzan a ver directamente el Sol, su danza se orienta y señalan de manera directa e irreprochable la dirección en que se halla el cebo (p. 173).

Se presenta ahora el tener que determinar si esta sorprendente manera de orientarse según el firmamento azul es atribuible a la polarización de la luz que de él procede (p. 142 y ss.). Veamos cómo puede determinarse y demostrarse.

La figura 101 muestra una colmena de observación

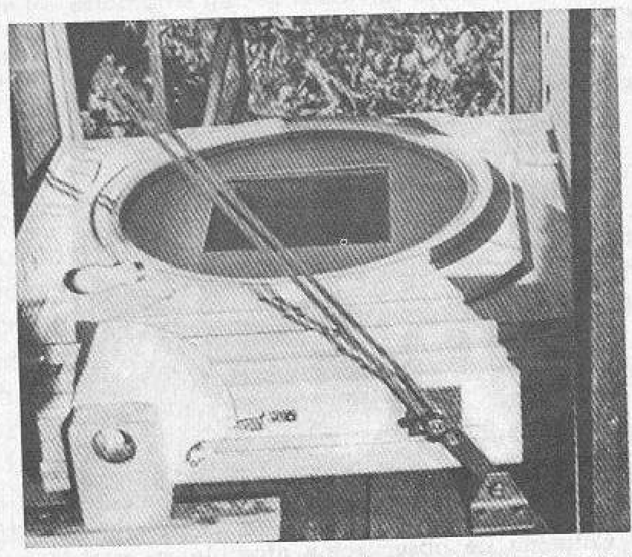


Fig. 101. Colmena de observación horizontal, cubierta con una lámina polarizadora giratoria

colocada horizontalmente. El cristal a través del que se realiza la observación de la vida interior se cubre mediante una tabla en la que hay practicada una ventana cuadrada; encima se apoya un bastidor giratorio, en cuyo hueco circular va sujeta una gran lámina polarizadora (pp. 123 y ss.). Para realizar los ensayos se rodea a la colmena con muros o tabiques por tres de sus lados; las danzarinas situadas sobre el panal ven, por la ventana practicada en la tabla y a través de la lámina polarizadora, un trozo de firmamento, el correspondiente al norte, por ejemplo. La luz del cielo descubierto, según ha quedado dicho en las páginas 142 y 198, llega parcialmente polarizada y la dirección de polarización varía con los diversos lugares de la bóveda celeste. La lámina polarizadora es de efectos decisivos y fuerza a los rayos luminosos que la atraviesan a vibrar en un sentido perfectamente determinado. Si disponemos el polarizador encima de las abejas, en forma tal que la luz que nos llega del norte conserve su plano de vibración, las abejas realizan su danza de manera correcta, y señalan de modo exacto el lugar que debe buscarse. Pero si hacemos girar la lámina polarizadora, las abejas se desvían en el sentido del giro y señalan una dirección falsa. El valor del error no coincide con el del ángulo que se ha hecho girar el polarizador.

Los factores de que depende la desviación, y el que ésta venga determinada por la dirección en que vibra la luz poralizada pueden hacerse perfectamente visibles utilizando la estrella polarizadora de que hablamos en otro lugar (p. 142 y fig. 73). La colocamos al lado de la colmena de observación y la dirigimos a la mancha azul del firmamento hacia el norte, visible para las danzarinas. La lámina giratoria sobre el panal obtiene primeramente la posición con la cual las abejas conservan su dirección de danza. También delante de la estrella ponemos una lámina superpuesta, dándole la misma posición que a la lámina de encima de las abejas. El patrón del firmamento prevalece en este caso invariable. Ahora giramos la lámina de encima de las abejas, por ejemplo,

30° hacia la izquierda. El sentido de la danza varía en igual medida, o sea, unos 34°. Si damos el mismo giro a la lámina superpuesta delante, según nuestro patrón de ojos, un giro de 30° como a la lámina de las danzarinas, el patrón de la estrella será distinto, es decir, será tal y como lo ven las danzarinas. Ahora buscamos con la estrella en el cielo, una vez quitada la lámina superpuesta, y encontramos este otro patrón sólo en un lugar: a 34° a la derecha de la línea de vuelo dirigida hacia el norte. Aquí las abejas lo habían apreciado en su camino hacia el lugar de alimento y cuando lo cambiamos en el cielo por 34° hacia la izquierda y lo pusimos al norte para las danzarinas (al girar la lámina), donde tenían una vista a través de la ventana, dirigieron el sentido del coleteo en 34° hacia la izquierda. Por ello pusieron aquel patrón en el mismo campo visual que habían visto con anterioridad en el vuelo hacia el lugar de alimento. No fueron capaces de apreciar el engaño.

Como es natural, esta experiencia no proporciona certidumbre absoluta. Pero después de haber efectuado cien experiencias de esta clase, en diversas condiciones, en las que fundamentalmente se han obtenido siempre los mismos resultados, podemos considerarnos seguros de que las abejas se orientan de acuerdo con la luz polarizada en el firmamento.

Las danzas en el enjambre

Mediante sus danzas las abejas pueden indicarnos otras fuentes, aparte de las conocidas como el néctar y el polen. Por ejemplo, nos indican dónde existe un lugar para coger agua que no sólo es de interés para saciar la sed, sino asimismo para refrescar la colmena, lo cual en ocasiones reviste gran importancia. Las danzas indican dónde se puede coger resina de los árboles para tapar el interior de las colmenas y evitar así corrientes de aire. Son de máximo interés las

danzas de las exploradoras que indican al enjambre el lugar donde encontrar un nuevo hogar apropiado.

Inmediatamente después de abandonar la colmena, las abejas que constituyen el enjambre se reúnen en torno a su reina formando un *racimo* que, la mayor parte de las veces, pende de la rama de algún árbol cercano a la colmena madre (fig. 32). A partir de este momento es misión de las abejas exploradoras encontrar un lugar adecuado para el establecimiento de la nueva colonia: un árbol hueco, unas quiebras entre peñas, un agujero en un muro, una caja vacía... Docenas de exploradoras se distribuyen por los alrededores, en todas direcciones, y, ordinariamente, no tardan mucho en hallar un lugar que consideran conveniente, aun cuando a veces se halla a algunos kilómetros de distancia. Las exploradoras que lo han encontrado, a su regreso al enjambre danzan en la superficie del racimo, señalando la dirección y la distancia a que se encuentra la nueva morada, exactamente igual a como danzan las recolectoras para indicar el lugar en que la recolección puede llevarse a cabo. A consecuencia de las repetidas exploraciones, va aumentando con el tiempo el número de danzarinas, señalando distintas direcciones y diversas distancias, de acuerdo con la variedad de las oportunidades para instalarse que han hallado. Puede observarse que, según los diversos lugares, las danzas son más o menos vivas. De la misma manera que cuando las abejas han dado con ricas fuentes de néctar sus danzas llegan a adquirir una vivacidad alarmante y ésta va descendiendo a medida que disminuye la calidad o cantidad de néctar, también las abejas exploradoras realizan sus danzas con una gradación bien medida, siendo tanto más vivas cuanto más adecuada consideran la vivienda anunciada a las necesidades del pueblo de las abejas. Las condiciones de habitabilidad son muy variadas; pueden ser: tamaño del espacio disponible, situación más o menos protegida contra los vientos de la entrada, inexistencia de corrientes de aire en el interior, olor predominante, grado de lim-

pieza... quién sabe cuántas cosas pueden ser necesarias, convenientes o agradables para las abejas?

Durante algunas horas, a veces durante varios días, ocurre algo extraordinariamente digno de atención. Las danzarinas que realizan sus movimientos con más viveza van ganando cada vez más partido entre sus compañeras, que visitan el lugar señalado para convencerse por sí mismas de las condiciones que reúne, o simplemente porque han sido convencidas por la propaganda que del lugar se hace en las danzas. Incluso algunas danzarinas que han abogado anteriormente por algún otro sitio de peores condiciones se agregan al torbellino de las más vivaces, para enterarse de las indicaciones que allí se hacen, a fin de separarse del enjambre, visitar el lugar señalado y tomar una decisión definitiva. Muchas de aquellas abejas que no pueden señalar el lugar que han descubierto con tanta vivacidad como las que han tenido más éxito, dejan sencillamente de danzar, esperando el desarrollo de los acontecimientos. Así se llega, por fin, a la unanimidad: en aquel momento todas danzan a un mismo ritmo y en una misma dirección, y, cuando ocurre, el enjambre levanta el vuelo y se dirige tras de algunos cientos de compañeras por un camino ya conocido, hacia la meta señalada, y que entre todas las indicadas parece la mejor.

El hombre podría aprender muchas cosas de las abejas. Pero, desgraciadamente, no se las ve con la debida claridad. Cuando tales acontecimientos ocurren ante él, antes de esperar a que se desarrollen normalmente de lo que se cuida es de coger el enjambre y dirigirlo a sus colmenas, con lo que, muy frecuentemente, cambia en su beneficio el desarrollo de los acontecimientos con un acto de fuerza.

Las abejas danzan en beneficio del apicultor y de la economía agrícola

Quien visita tierras y pueblos dominando el lenguaje que en ellos se habla viaja mucho mejor y consigue mayores beneficios de su viaje que los visitantes que desconocen la lengua del país. Lo mismo ocurre al apicultor o colmenero en su trato con el pueblo de las abejas. El conocimiento de su lenguaje le ofrece la posibilidad de obtener de este trato los máximos beneficios.

Cuando llega el verano, llega el momento de la recolección abundante y rica. Ciertamente que después se produce todavía una gran floración, pero las fuentes de néctar ya no fluyen con la riqueza de algunas semanas antes. El colmenero experimentado sabe que incluso muchos cardos de los que en esta época elevan al cielo sus cabezas rodeadas de hojas pueden representar para él muchas libras de miel. Sin embargo, no parece que la actividad recolectora de las colonias de su colmenar se dirija hacia ellos. Se observa que de estas plantas se ocupan con preferencia los abejorros, que aventajan a las abejas en sus largas trompas que les permiten alcanzar el néctar mejor que aquéllas, que no lo consiguen con la facilidad necesaria para impulsarles a realizar danzas vivaces que refuercen la visita a tales flores. El apicultor no está complacido con tal conducta y piensa cómo podría *comunicar* a sus obrerillas que no deben permanecer en semejante inactividad y que sería conveniente que visitasen aquellas plantas.

En realidad, puede comunicárselo siempre que sepa conversar debidamente con ellas, hablándoles en su idioma. Para ello le basta cebar unas cuantas de las abejas de sus colmenas, utilizando un poco de miel y agua azucarada que pulverizará sobre un manojo de cardos, y sobre sus flores, de manera que las abejas

habituadas dancen al regresar a la colmena y anuncien allí, con el olor característico de la flor transportado en su cuerpo, en la forma que ha quedado explicada, el lugar de recolección y cómo ésta puede llevarse a cabo. Sus compañeras no tardan en volar en busca del prometedor aroma. El vuelo hacia tales cardos puede así cuadruplicarse.

En la práctica, este método puede modificarse de diversas maneras y prepararse en forma sencilla. En lugar de adiestrar a las abejas a visitar tales flores, se coloca en la colmena una solución azucarada aromatizada con esta planta. Para prepararla se dejan varias flores de cardo durante muchas horas en dicha solución. Otras clases de flores, cuyo aroma se modifica por el baño prolongado, con lo que no se obtendría al objeto deseado, se colocan secas y con algo de agua azucarada ante la piquera de la colmena. Los apicultores progresivos pueden, en esta forma, con poco esfuerzo, obtener cosechas abundantes de miel de cardos o de otras plantas en épocas en que sus vecinos ven sus colmenas inactivas.

También el agricultor tiene con frecuencia el deseo de que las abejas se dirijan hacia determinada planta, para intensificar la polinización y obtener una mejora de los productos. Así ocurre con nuestras plantas forrajeras más importantes, las de trébol rojo, cuyas semillas se obtienen insegura y difícilmente. El néctar de esta flor, muy visitada por los abejorros, no es fácil de extraer por las abejas, cuya trompa es demasiado corta para ser introducida hasta el fondo del nectario. En donde se cultiva de manera regular esta planta el número de abejorros es demasiado pequeño para polinizar convenientemente los millones de florecitas existentes. Las abejas no muestran el menor deseo de volar sobre los campos de trébol, que les ofrecen escaso rendimiento, y prefieren dirigirse a otros lugares de recolección. El resultado es que se obtiene escasa cantidad de simiente cuando no ofrecen una extraordinaria cantidad de néctar (lo que ocurre raros años),

caso en el cual son muy visitados tales campos por las abejas. Esta circunstancia adversa puede corregirse. Se sitúan colmenas en las proximidades de los campos dedicados al cultivo de esta planta, y se produce en ellas la alarma, o se atrae la atención de las abejas en la forma indicada, hacia las florecillas del trébol, con lo cual se consigue un aumento tal de la visita a estas flores que la producción de simiente se eleva por término medio en un cuarenta por ciento. Este aumento en la cosecha ha hecho que los experimentados cultivadores de semillas de trébol rojo se hayan entusiasmado en la aplicación del método de la *incitación olfativa*. Puesto que las abejas no ofrecen inconvenientes para trabajar cuando se les *habla* en su propio lenguaje, el hecho viene en auxilio del colmenero para aumentar sus cosechas, y del labrador para conseguir mayor beneficio.

12. EL SENTIDO DEL TIEMPO EN LAS ABEJAS

Cada uno de nosotros posee un sentido o conocimiento del tiempo adquirido por propia experiencia. Un perro o un periquito se da perfecta cuenta cuándo le llega la hora de grandes festejos, si ésta se repite regularmente. Para comprobar si los insectos también tienen el sentido del tiempo disponemos un cebo artificial de manera que atraiga libremente a las abejas hacia una mesa sobre la que se coloca un platillo con agua azucarada. Los animalitos que acuden a este lugar se marcan convenientemente (ver p. 65), de manera que después podamos reconocer individualmente a cada uno de ellos. Pero sólo las alimentamos a horas determinadas: por ejemplo, de cuatro a seis de la tarde. Procedemos así durante los días siguientes.

Entonces hacemos el experimento concluyente.

Esta vez no se pone cebo, y se deja el platillo vacío también entre las cuatro y las seis. Un observador se sitúa junto al puesto desde las seis de la mañana a las ocho de la noche, y toma nota de las abejas que llegan a las distintas horas. Es un trabajo muy aburrido, ya que de las seis abejas que el día anterior visitaron el platillo, solamente una, la número 11, acude desde las seis de la mañana hasta las tres y media de la tarde. Acude un par de veces por la mañana; una entre siete y siete y media, y otra algo más tarde. Pasado este momento reina una soledad absoluta en el lugar del ensayo. Pero cuando llega la hora normal comienza a ser visitado y en las dos horas comprendidas entre las cuatro y las seis el platillo recibe hasta 38 visitas

de cinco o seis abejas numeradas. A pesar de que tales visitas resultan infructuosas, las repiten; viene alguna de ellas hasta diez veces en media hora, y busca en el platillo de manera tan tenaz como si en él hubiera algo. Pasada la hora límite del cebado normal, vuelve a quedar el lugar completamente solitario. La experiencia ha tenido un éxito superior a todo lo esperado. Mejor que con palabras puede comprenderse mediante el examen de los resultados numéricos representado en la figura 102. En la línea horizontal se han señalado las diversas horas del día, desde las seis de la mañana hasta las ocho de la noche (20 horas). La hora de cebado, de cuatro a seis (16 a 18), en que se ha colocado alimentación durante los días de adiestramiento anteriores, se ha encuadrado. El eje del tiempo se ha subdividido en medias horas por medio de rayitas finas, y

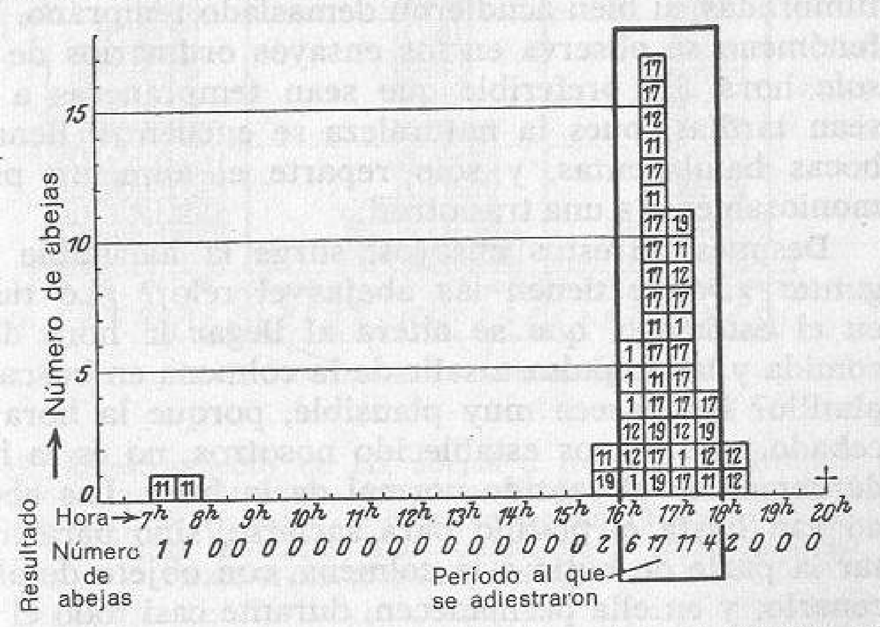


FIG. 102. Resultado de una experiencia sobre el sentido del tiempo. Algunas abejas numeradas han sido adiestradas a acudir a un cebo de agua azucarada entre las 16 y las 18 horas. Durante todo el día del ensayo (20 de julio de 1927), incluso durante las horas a las que habían sido adiestradas las abejas, el platillo permaneció desprovisto de cebo. Al pie de la figura se indican las horas del día. Sobre cada media hora se han inscrito las abejas que visitaron el lugar durante dicho tiempo. Cada cuadrado representa una abeja con su número correspondiente; algunas abejas acudieron varias veces. *(Según Ingeborg Beling)*

sobre cada media hora se van inscribiendo en cuadritos los números característicos de las abejas visitantes.

El ensayo se ha repetido con otras abejas, adiestrándolas a acudir al cebo en diversas horas del día. El resultado final no deja lugar a dudas: las abejas se dan perfectamente cuenta de la hora a que deben acudir, con sorprendente exactitud, tras algunos días de ser adiestradas. Estos resultados condujeron al deseo de someter este sentido del tiempo de las abejas a pruebas más rigurosas. Así se realizaron ensayos con dos, tres, cinco, diversos períodos de acostumbramiento.

La figura 103 representa, como ejemplo, los resultados en un ensayo con tres períodos de cebado. Aunque en aquel 13 de agosto no encontraron desde la mañana hasta la noche ni una gota de agua azucarada en la mesa de ensayos, vinieron a las tres horas acostumbradas, si bien acudieron demasiado temprano. Este fenómeno se observa en los ensayos ordinarios de *una sola* hora. Es preferible que sean tempraneras a que sean tardías, pues la naturaleza se encuentra llena de bocas hambrientas, y sólo reparte el alimento parsimoniosamente a una tras otra.

Después de estos ensayos, surge la inevitable pregunta: ¿Dónde tienen las abejas el reloj? ¿Lo tienen en el estómago, que se altera al llegar la hora de la comida y las impulsa a salir de la colmena en busca del platillo? No parece muy plausible, porque la hora del cebado, que hemos establecido nosotros, no es la hora de comer en el sentido normal de la frase. Las abejas no van hasta el platillo para saciarse, sino para aportar la parte de botín a la colmena, con objeto de almacenarlo; y en ella permanecen, durante casi todo el día, sobre panales pletóricos de miel en los que les basta extender la trompa para mitigar el apetito. Tal hipótesis habrá, pues, de desecharse con el siguiente experimento: ofrecemos a un grupo de abejas durante varios días, desde la mañana hasta la noche, agua azucarada, que en determinadas horas del día será más o menos dulce y abundante. Recolectan sin interrupción,

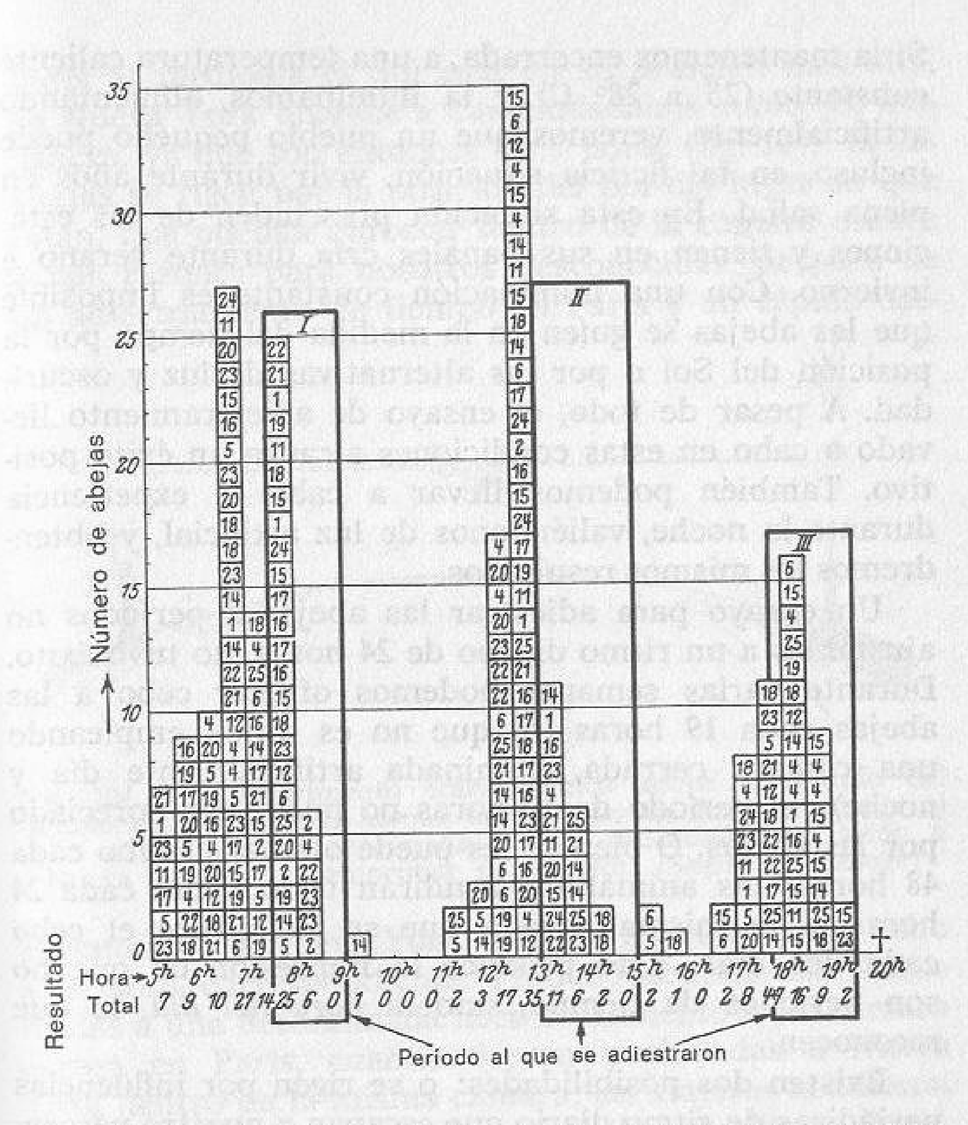


Fig. 103. Adiestramiento de las abejas a tres horas distintas. Duración del adiestramiento, seis días. El día del ensayo, el 13 de agosto de 1928, visitaron el lugar todas las 19 abejas numeradas, a las horas indicadas, aun cuando no se puso cebo en todo el día. *(Según I. Beling)*

y su estómago nunca está vacío y aun así el día de observación se presentan «en la hora más abundante» con más avidez que nunca ante el platillo ahora vacío. ¿Es posible que la abeja, tal y como hace el caminante, lea la hora según la posición del Sol? En este caso debemos recurrir a nuevos experimentos.

Podemos disponer toda una colmena en lugar oscuro.

Si la mantenemos encerrada, a una temperatura caliente constante (25 a 28° C) y la iluminamos, alimentando artificialmente, veremos que un pueblo pequeño puede incluso, en tal ficticia situación, vivir durante años en plena salud. En esta situación prescinden de las estaciones y tienen en sus panales cría durante verano e invierno. Con una iluminación constante es imposible que las abejas se guíen en la medida del tiempo por la posición del Sol o por las alternativas de luz y oscuridad. A pesar de todo, el ensayo de adiestramiento llevado a cabo en estas condiciones alcanza un éxito positivo. También podemos llevar a cabo la experiencia durante la noche, valiéndonos de luz artificial, y obtendremos los mismos resultados.

Un ensayo para adiestrar las abejas a períodos no ajustables a un ritmo diurno de 24 horas, no tuvo éxito. Durante varias semanas podemos ofrecer cebo a las abejas cada 19 horas (lo que no es difícil empleando una cámara cerrada, iluminada artificialmente día y noche): el período de 19 horas no puede ser apreciado por las abejas. O bien se les puede ofrecer el cebo cada 48 horas: los animalillos acudirán tenazmente cada 24 horas, a la misma hora a que se les ofrece el cebo cada dos días. Esto produce la impresión de que no son períodos de tiempo, sino la *hora del día*, lo que reconocen.

Existen dos posibilidades: o se rigen por influencias periódicas de ritmo diario que escapan a nuestra percepción y conocimiento, o llevan consigo su propio reloj, regido por los procesos de su metabolismo: y a esto deberán achacarse los fracasos en los intentos de habituamiento a lapsos de 19 o de 48 horas; pues los animalillos se encuentran sujetos a un ritmo vital con ciclo de 24, debido a lo cual no responden a períodos de tiempo que no pueden encajarse en semejante ciclo.

Un experimento *transoceánico* nos dio la decisión final. Se construyeron en Munich dos cámaras oscuras desmontables idénticas entre sí; una de ellas fue trasladada a París y la otra a Nueva York. Cuando en

París al mediodía el Sol está en su posición más alta, en Nueva York aparece a sus ciudadanos como sol mañanero, ya que son entonces las 7 horas (fig. 104). Si las abejas se rigen por la posición del Sol del lugar en que están, que puedan apreciar dentro de la cámara oscura y por razones para nosotros desconocidas, después de un adiestramiento de tiempo en París y un rápido des-

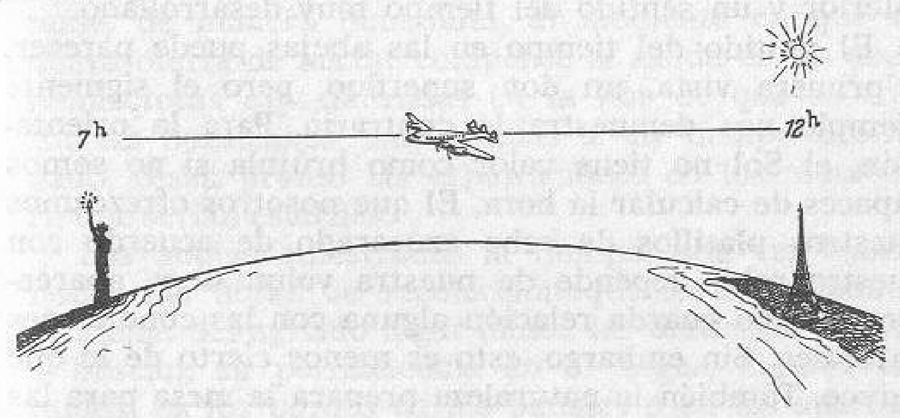


FIG. 104. Un experimento transoceánico sobre el sentido del tiempo de las abejas. Abejas adiestradas en París a acudir al cebo a una hora determinada fueron trasladadas en avión a Nueva York para comprobar su reacción. *(Según M. Renner)*

plazamiento a Nueva York deberán aparecer en el cebo a la hora correspondiente. Pero no ocurrió así. Adiestradas a una determinada hora de alimento en la cámara oscura en París, cuando fueron trasladadas a Nueva York dentro de la misma cámara, las viajeras acudieron a comer a la misma hora en que solían hacerlo en París. Es cierto, pues, que las abejas pueden calcular el tiempo con «un reloj interno».

Nos demuestran esta capacidad muy claramente de forma totalmente distinta: las exploradoras de una colmena que quiere hacer un nuevo enjambre y que han encontrado una morada propicia comunican su hallazgo a sus compañeras con danzas (pp. 188 y ss.), mediante las cuales demuestran la dirección según la posición del Sol, para encontrar su objetivo (p. 173). A veces permanecen durante largas horas en casa avisando del lugar donde formar un nuevo enjambre. Puesto que

están dentro de la colmena no pueden apreciar que el Sol sigue su marcha, pero a pesar de ello en sus danzas varían continuamente el ángulo de acuerdo a como lo hace el ángulo objetivo-posición del Sol. Se comportan de igual forma si encerramos la colmena en un sótano desde el cual no sean visibles ni el Sol ni el cielo. Una vez más nos demuestran que tienen un reloj interior y un sentido del tiempo muy desarrollado.

El sentido del tiempo en las abejas puede parecer, a primera vista, un don superfluo, pero el siguiente ejemplo nos demuestra lo contrario. Para la orientación, el Sol no tiene valor como brújula si no somos capaces de calcular la hora. El que nosotros ofrezcamos nuestros platillos de cebo azucarado de acuerdo con nuestro reloj depende de nuestra voluntad y, aparentemente, no guarda relación alguna con las condiciones naturales. Sin embargo, esto es menos cierto de lo que parece. También la naturaleza prepara la mesa para las obreras a determinadas horas del día. La oferta de néctar no se realiza de manera constantemente regular. La mayor parte de las flores ofrecen buen botín solamente a determinadas horas del día, mientras que a otras la oferta es escasa o nula. En ciertas flores la hora óptima es la mañana; para otras el mediodía; y en otras la tarde o el anochecer. Cada especie guarda perfectamente la norma. Y como las abejas son extraordinariamente constantes en la visita a una determinada especie de flores, ciertos individuos de la colmena visitan únicamente dichas flores, precisamente en las horas debidas. Esto significa que para cada escuadrón de pecoreadoras existen horas del día de gran ajetreo, para gozar, durante las restantes, de tiempo libre o de descanso. Las obreras que no se hallan ocupadas, permanecen en la colmena, pues fuera, en el ancho mundo, existen constantemente peligros sin número.

En realidad, el escuadrón de abejas permanece inactivo en la colmena cuando la fuente de aprovisionamiento disminuye en riqueza. Sólo salen entonces algunas exploradoras, que se dedican a revolotear, bus-

cando algo que merezca la pena. Si alguna halla nuevamente las flores llenas, realiza sus danzas sobre el panal exactamente igual que lo hizo en el primer descubrimiento y avisa a las pecoreadoras inactivas que existe botín por recoger. Cuando la producción de flores es irregular, los vuelos de las exploradoras aisladas nunca se suspenden totalmente, con el fin de poder adaptarse, de manera inmediata, al momento en que una nueva oferta de néctar compense la salida de las abejas recolectoras especializadas en la flor de que se trata. En las floraciones muy ligadas a un tiempo determinado, cesan pronto las exploraciones en los momentos en que serían estériles.

Las abejas adiestradas al tiempo, una vez transcurridas las horas de recolección que les corresponden, se alejan del agitado lugar donde las danzas se efectúan y buscan, su permanencia en el hogar, lugares tranquilos, en los bordes de los panales o en los apartados rincones de éstos. Cuando se aproximan las primeras horas de recolección, vuelve la vida en la comunidad aparentemente dormida. Por todas partes se las ve pasearse sobre los panales, donde ofrecen el aspecto de esperar con impaciencia encontrarse con las primeras exploradoras que regresan a la colmena; esto cuando no se han dado al vuelo por iniciativa propia.

13. ENEMIGOS Y ENFERMEDADES DE LAS ABEJAS

La prosperidad puede tener sus peligros. Porque fácilmente puede tentar la codicia de los que nada poseen. Los estados de las abejas habrían ya desaparecido de la tierra hace largo tiempo si no dispusieran de tan venenosas armas como las que poseen para defender sus depósitos de invierno. Cabe sus primitivas viviendas, en los tiempos en que habitaron en la selva virgen, existían en abundancia hocicos golosos, los de los osos, que tantas colmenas han destrozado. Cuando no abundaban los osos, eran los hombres quienes realizaban la expoliación de las colmenas. La abundancia de azúcar, obtenido en la actualidad de la remolacha cultivada en nuestros campos, es una conquista todavía muy reciente. Antes, este producto se obtenía de la caña de azúcar y nos llegaba, primeramente, del lejano Oriente; después, de América. Todavía hoy, en gran número de casas, un azucarero de plata denuncia, con una cerradura cuyas llaves hace tiempo desaparecieron, lo valioso que para nuestras abuelas era su contenido. Entonces, la miel era mucho más utilizada como medio de endulzamiento y algunos siglos antes no se conocía en Europa otro azúcar que el que las abejas extraían de los cálices de las flores. No hay, pues, que asombrarse de que los hombres fueran los mayores enemigos o depredadores de las abejas. Las cosas han cambiado mucho. Ahora se han convertido en animalillos domésticos, a quienes se cuida, de quienes no se utiliza más que lo que para ellas resulte sobrante. Otros diminutos pueblos, amigos de la miel, como las hormi-

gas, las avispas, las esfinges de la calavera y, de cuando en cuando, algun ratoncillo, apenas les causan daños graves.

Sin embargo, sería un error creer que las abejas pueden gozar de una felicidad no perturbada. Queda tal cantidad de enemigos de su pueblo, que, para tratar de ellos, habría que escribir algunos libros. Esto, en realidad, ya se ha llevado a cabo en algunas ocasiones y en ellos puede encontrar el apicultor o colmenero la manera de conocerlos y los medios adecuados para combatirlos. Aquí dedicaremos solamente algunas líneas para hablar de los que destacan por su importancia y por poseer rasgos característicos e interesantes de personalidad.

Tenemos, por ejemplo, el llamado *lobo de las abejas*. No se trata, desde luego, de un lobo propiamente dicho, y su nombre se debe sólo a su latrocinio e instintos carniceros. Las *avispas cavadoras*, parientes cercanas de las avispas sociales, viven solitarias y se dedican a la caza de diversos insectos, que llevan a sus crías como alimento. Cada una de las especies de este grupo se ha especializado en una pieza determinada y ha aprendido a seguirle la pista y a avasallarla de manera magistral. El lobo de las abejas es una de tales, que ha elegido como presa preferida a la abeja melífera. Apenas mayor que ella, pero más ágil y diestra, cae sobre la abeja cuando se halla visitando las flores y le clava su aguijón en la garganta, o en la articulación que se halla entre los segmentos medio y anterior del tórax, como si conociera que estos puntos son un talón de Aquiles (fig. 105). Luego abraza el lugar de su abdomen en donde se encuentra el buche lleno de miel, y lo oprime, hasta que por la boca de la vencida sale la gotita melífera que había recogido en las flores con fines completamente distintos, y que ahora sirve de refrigerio al cazador. Finalmente, suspendida bajo su cuerpo, la lleva en vuelo hasta un agujero cuidadosamente practicado en el suelo arenoso que conduce hasta su cámara de cría a través de un pasadizo profundo. Una vez que

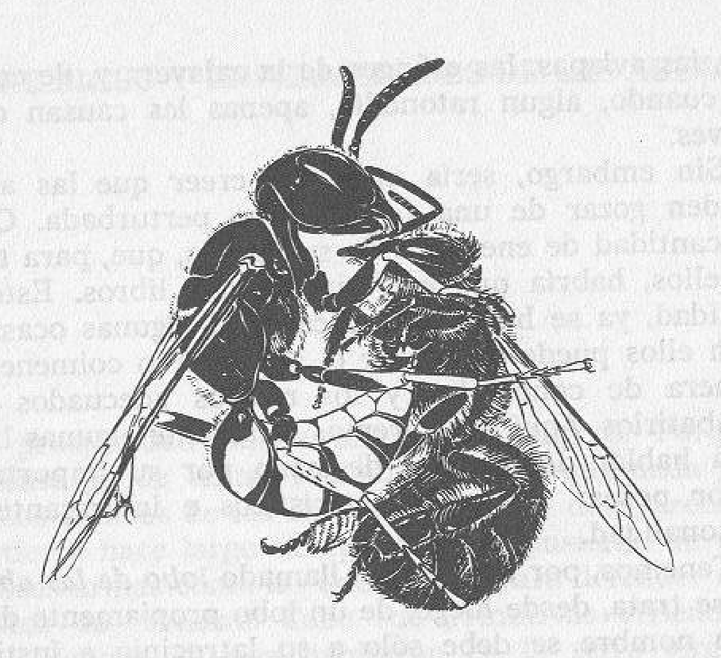


Fig. 105. Un lobo de las abejas ataca a una obrera introduciéndole el aguijón que la paraliza. *(Dibujo de T. Hölldobler según fotografías de W. Rathmayer)*

ha reunido allí tres o cuatro abejas de las así cazadas y las ha alineado perfectamente, unas junto a otras, pone un huevecillo sobre una de las víctimas y sigue aplicando su actividad cazadora para disponer otro nido análogo junto a la misma galería, o comienza a preparar un nuevo agujero. Del huevo sale una larva, análoga a una cresa de mosca, que, tranquilamente, irá devorando uno tras otro los cuerpos de las abejas allí existentes (fig. 106). Como bajo la acción del aguijonazo las abejas quedan paralizadas, pero no muertas, se mantienen frescas, como si se tratara de carne en conserva, y pueden ser presa indefensa de la larva. Ésta crece y pasa al estado de ninfa, y luego al de crisálida, para continuar la actividad que su madre desarrollaba.

En algunas regiones en que estos véspidos encuentran buenas condiciones para anidar, pueden llegar a causar graves daños.

Si el lobo de las abejas es un verdadero bandolero, el *piojo de la abeja* es de carácter bastante distinto.

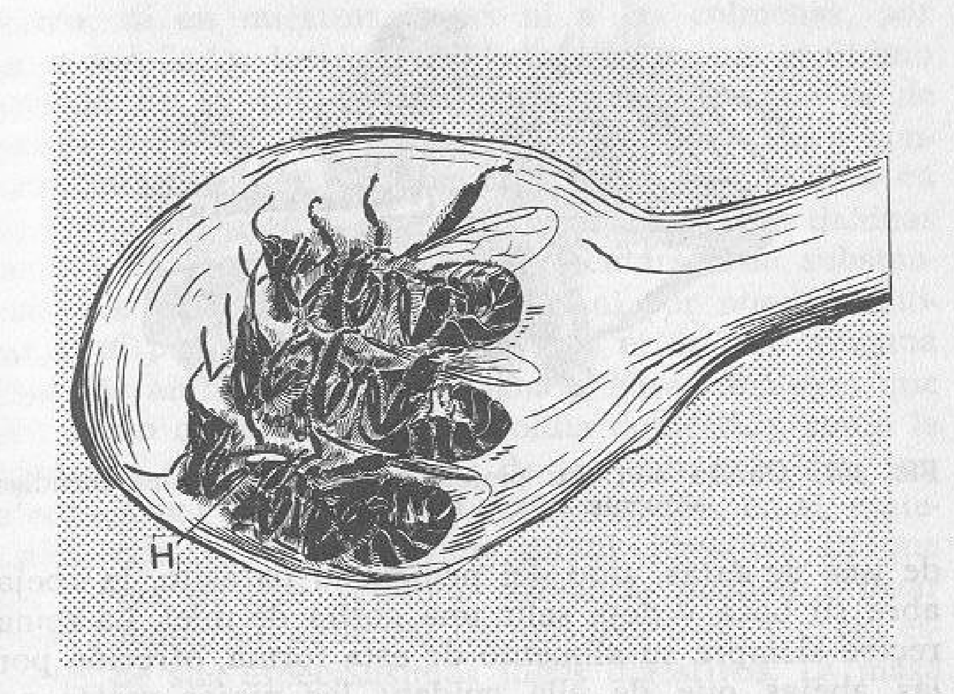


Fig. 106. Una de las numerosas cámaras de cría en el nido del lobo de las abejas. H, huevecillo depositado por la avispa cavadora. *(Dibujado por T. Hölldobler según W. Rathmayer)*

Desde luego, debemos comenzar por decir que este *piojo* dista tanto de serlo como el *lobo* de ser realmente tal. Más bien pertenece a la familia de las moscas, pero, debido a la forma parasitaria de vida que han adoptado, tales animalillos han perdido sus alas y su capacidad de vuelo. El que reciban este nombre se debe a la circunstancia de que, análogamente a lo que hacen los piojos, viven entre la abundante pelambrera que cubre el cuerpo de las abejas, donde pueden asegurar bien los agudos extremos de sus patitas. Prefieren a la reina, sobre la que, en algunas colmenas infectadas, se han encontrado varias docenas de tales parásitos; en menor cantidad se los encuentra también sobre las obreras. Cuando tienen hambre se deslizan hasta la cabeza de la abeja, junto a su boca, sobre cuyo labio golpean con las patas (fig. 107). En el lenguaje de las abejas, las cosquillas en tal lugar quieren decir que una compañera tiene hambre. Aun cuando la petición no proceda

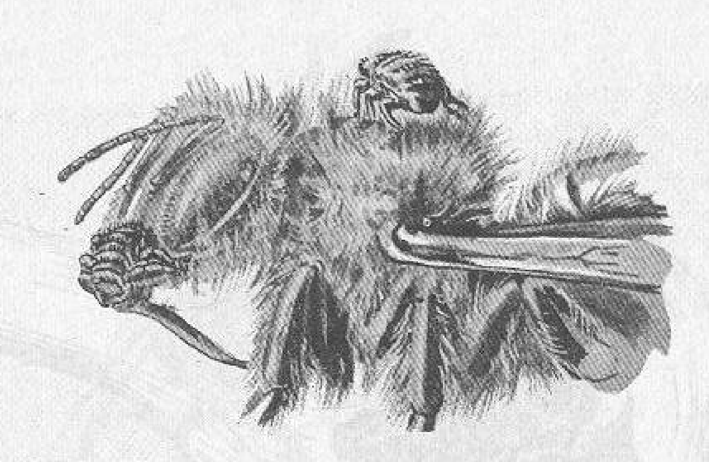


FIG. 107. Obrera con dos piojos, uno de los cuales mendiga alimento ante la boca de la abeja

de una de éstas, sino del pedigüeño parásito, la abeja abre su boca y deja salir una gotita de miel. La reina recibe siempre su alimento de esta forma, ofrecido por las abejas que de ella cuidan; los piojos reales no tienen ni siquiera que mendigar, encontrando siempre la mesa puesta. Aunque son muy pequeños, si el número es considerable la reina se muestra intranquila y pone menos huevos de lo debido. Un colmenero cuidadoso que se dé cuenta de que esto ocurre, cogerá al animalillo y lo librará de parásitos indeseables sin más que soplar un poco de humo de tabaco sobre la reina colocada en su mano hueca.

A las depredadoras avispas y pequeñas moscas parásitas hay que añadir un enemigo de las abejas, muy extendido y notablemente perjudicial: la *polilla de las colmenas*, próxima y cercana pariente de la por todos tan conocida polilla de la ropa. Ambas tienen muchas características comunes. Las dos son, en realidad, pequeñas mariposas. Como ocurre en esta clase de insectos, proceden de un huevecillo del que salen en forma de orugas, que después se transforman en ninfas, y, tras un período de reposo que atraviesan encerradas en el capullo correspondiente, salen de él en forma de mariposas o insectos perfectos. Ambas coinciden en no poder hacer daño, cuando poseen esta

forma, ni en nuestras ropas ni a las colmenas, por tener atrofiados los órganos bucales. Durante el último período de su vida como insecto perfecto, que es de escasa duración, no comen nada, y se mantienen consumiendo la grasa almacenada en sus cuerpecillos en su época de gusanos. En ambos casos sólo son dañinas las orugas, que coinciden en alimentarse con substancias que no puedan ser digeridas ni por nuestro estómago ni por el de la abeja, ni por el de casi ninguna clase de animales. Tanto la lana y fibras análogas que son pasto de la oruga de la polilla doméstica, como la cera que forma los panales de las colmenas que son atacados por la polilla de la colmena, son, en sí, materiales valiosos, pero de muy difícil digestión. El que las larvas de que venimos hablando puedan utilizar estas fuentes de alimentación obedece a un secreto especial de sus especialísimos jugos digestivos. La masa córnea que constituye el pelo o lana es una proteína que contiene todo lo que el cuerpo del animalillo necesita para su desarrollo. La cera no es una proteína, sino un compuesto semejante a las grasas. Las polillas de las colmenas no medran con cera solamente. Necesitan un suplemento de proteínas que se encuentra en abundancia en el polen almacenado en los panales, así como en los residuos diversos procedentes de los huéspedes legítimos de la colmena.

Un panal del que se han enseñoreado las polillas ofrece lamentable aspecto. Por todas partes se encuentran los túneles roídos por las orugas, la suciedad de su excremento y las hebras o hilillos con que forman los capullos o vainas en que se envuelven para protegerse. Cada oruguita habita el interior de un túnel sedoso fabricado por ella misma, lo que también hacen las larvas de la polilla doméstica. En una colmena sana y fuerte esto no les sirve de gran cosa; pero una colonia débil no puede con los intrusos. Si el colmenero se descuida, los daños más considerables se producen fuera de las colmenas, en los depósitos de panales, que al no

ser defendidos por las abejas quedan completamente inutilizados en muy poco tiempo.

Hasta ahora hemos hablado de salteadores y de parásitos; cuando estos últimos se hacen tan pequeños que pueden alojarse en el interior del cuerpo de las abejas, se transforman en agentes patógenos. Al comienzo de nuestro siglo apareció primeramente en la isla de Wight, y después por toda Inglaterra, una desoladora epidemia desconocida hasta entonces entre las abejas, que luego se extendió por toda Europa. Las abejas enfermas caían cuando se hallaban en pleno vuelo, se arrastraban por tierra incapaces de volar y al final sucumbían (mal de Wight o acarosis). En casos graves se llegaron a perder colmenares enteros. Solamente desde 1920 se conoce la causa de esta enfermedad, originada por diminutos ácaros que penetran por las aberturas respiratorias de la parte anterior del tórax para llegar a los tubos respiratorios, donde se acantonan y multiplican. Los ácaros son arácnidos pequeñísimos, representados por muchísimas especies, muchas de las cuales son absolutamente indeseables; son destructures de nuestras provisiones de harina, estropean el queso, producen la sarna, etc. También las abejas ofrecen lugar apropiado para el desarrollo de una especie de ácaros que se alojan en sus tubos respiratorios, cuyas paredes atraviesan o taladran para chupar la alimenticia sangre del insecto. Cuando se multiplican, llegan a obstruir los conductos con sus cuerpos, sus voluminosos huevos, sus excrementos y los restos de la sangre succionada (fig. 108). Las secreciones dañinas que producen también pueden contribuir a cortar el hilo de la vida de las abejas. Un caso aislado puede carecer de importancia y pasar inadvertido, pero este desconocimiento resulta tanto más peligroso por cuanto contribuye a la rápida difusión de la epidemia.

Acabamos de ver una enfermedad del aparato respiratorio de la abeja, pero ésta tampoco queda exenta de enfermedades del aparato digestivo. Una de las más terribles es la epidemia de *nosema*, producida por

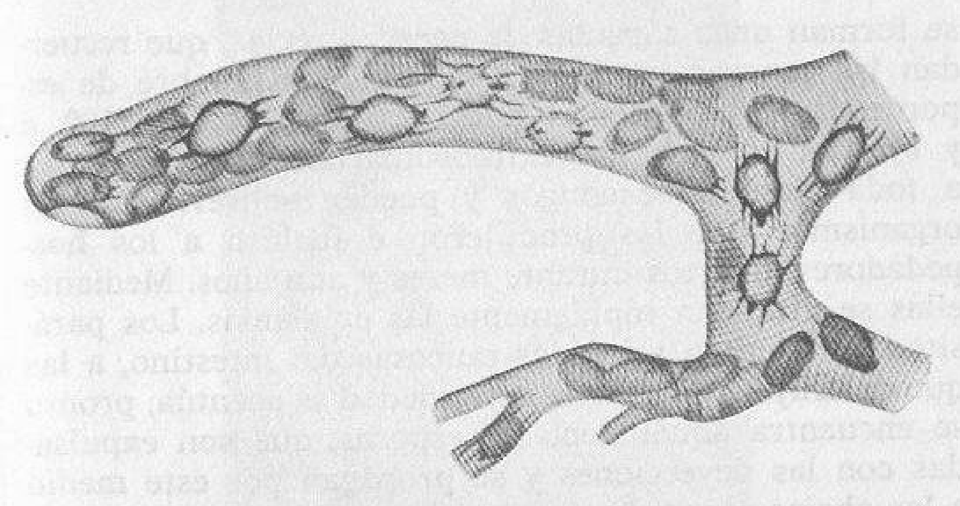


Fig. 108. Conducto respiratorio de una abeja atacado por acarosis. Entre los ácaros se ven sus huevecillos, que son casi tan grandes como los ácaros adultos. Muy aumentado. *(Según Morgenthaler)*

el *Nosema apis.* Es un ser que no tiene parentesco con ninguno de los que conocemos directamente en nuestra vida corriente. Es mucho más pequeño que el ácaro, por lo que escapa a nuestra percepción; pertenece al grupo de seres unicelulares solamente visibles al microscopio. Tiene semejanza con las *amebas*, microorganismos citados frecuentemente por la sencillez de su organismo —que parece un simple grumo de mucosidad que hubiera surgido a la vida— y que se arrastran, cambiando continuamente de forma, entre el limo del fondo de las aguas estancadas que constituye su ambiente habitual. Otro grupo de estos seres, muy rico en especies, es el de los denominados *esporozoos*, en el que se clasifica el nosema. Constituyen formas parásitas que infestan las células, tejidos y órganos de muchos animales, a cuya costa viven, los perjudican con su existencia y a pesar de su extremada pequeñez pueden llegar a matarlos, dada su multiplicación masiva. Pero cuando muere el hospedador llega también su fin. Sin embargo, la naturaleza ha dispuesto las cosas de manera que estos diminutos monstruos no se extingan. Cuando se encuentran en la plenitud de su desarrollo y constituyen ya un peligro para el animal sobre el cual viven,

se forman unas cápsulas de paredes recias, que recuerdan las esporas vegetales —de aquí su nombre de esporozoos— y contienen nuevos gérmenes (fig. 109 *a* y *b*). Las esporas son extraordinariamente resistentes a toda clase de enemigos y pueden sobrevivir a los organismos que las produjeron e incluso a los hospedadores muertos durante meses y aun años. Mediante ellas se difunden rápidamente las epidemias. Los parásitos se asientan sobre las mucosas del intestino, a las que destruyen. Cuando la enfermedad se acentúa, pronto se encuentra aquél lleno de esporas, que son expulsadas con las deyecciones y se propagan por este medio a las abejas sanas. La enfermedad puede tener también caracteres leves y en esta forma está diseminada; pero no son raros los casos en que la epidemia origina graves preocupaciones a los apicultores.

Tampoco queda exento el pueblo de las abejas de las enfermedades de la infancia. Al lanzar aquí una rápida ojeada a una de ellas, estableceremos conocimiento con nuevos tipos de agentes patógenos que significan un paso más hacia el límite de las posibilidades visuales. Los productores de muchas enfermedades contagiosas del hombre son diminutos organismos denominados bacterias. Las tifoideas, el cólera, la difteria, la tuberculosis y otras plagas son causadas por tales seres que son únicamente visibles al microscopio y sólo utilizando fuertes aumentos. Según el gusto personal de cada especie, se asientan en este o en aquel órgano, y aun cuando la longitud de sus cuerpecillos se mide por milésimas de milímetro, dada su extraordinaria rapidez de multiplicación y su aptitud para producir principios tóxicos pueden producir daños locales o generalizados en el organismo. Pero una destrucción tan rápida y tan completa de la totalidad del cuerpo como la producida por la *putrefacción del pollo de las abejas (loque)*, es completamente desconocida en la historia de las enfermedades sufridas por el hombre. La enfermedad ataca solamente al pollo, es decir, a la larva, mientras ésta se encuentra en período de desarrollo en sus celdillas de



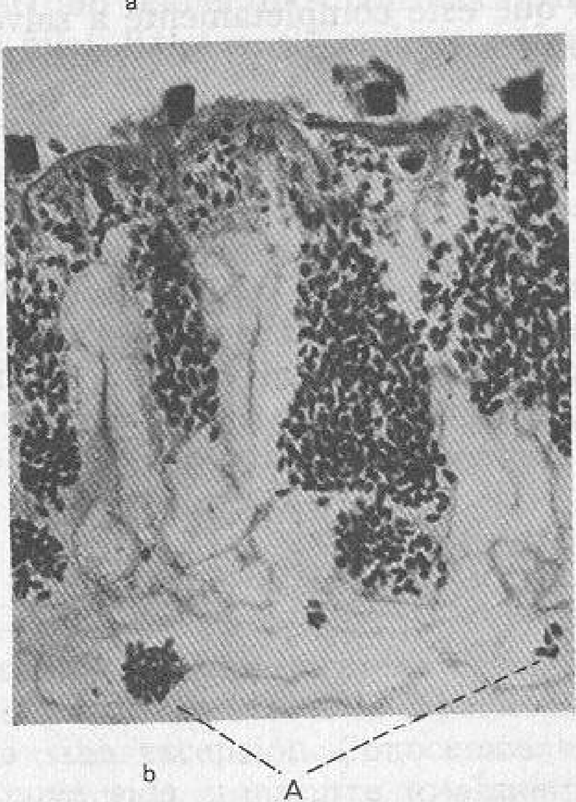


FIG. 109. *a,* sección longitudinal a través del intestino de una abeja sana. *K,* núcleos de las células de la pared intestinal. *J,* interior del tubo digestivo. *b,* sección longitudinal a través del intestino de una abeja enferma de nosema. Las células del intestino se encuentran llenas de innumerables esporas, que se han teñido de color oscuro a fin de hacerlas más visibles. En parte (*A*) han invadido ya el interior del tubo digestivo. De esta manera, las esporas alcanzan el excremento. Muy aumentado. Preparaciones de G. Reng. *(Fot. A. Langwald)*

cría. Es originada por una especie de bacteria, que se desarrolla con tal rapidez en las larvas atacadas que en el espacio de 24 horas su cuerpo queda completamente infectado y destrozado. Las larvas se decoloran y más tarde se transforman en una masa viscosa que puede estirarse en filamentos. Los cuidados prestados por las solícitas nodrizas son entonces catastróficos para las larvas todavía no atacadas. Cuando las obreras limpian las celdas de los restos de los destruidos cuerpecillos a fin de prepararlas para la puesta de nuevos huevos se contaminan con los gérmenes en ellas existentes, y, en su subsiguiente actividad como nodrizas (págs. 66 y 67), transmiten el contagio a sus pupilas.

No he querido ocultar que las abejas también han de sufrir lo suyo y que en su tan alabada organización social, no siempre todo marcha bien... pues nada hay en este mundo que esté completamente a salvo de errores y de defectos.

14. EVOLUCION HACIA EL ESTADO DE LAS ABEJAS DE MIEL

Aunque ningún ojo humano ha podido comprobarlo, los científicos están convencidos de que los animalitos superorganizados han evolucionado a su estado actual desde otras formas más primitivas. Así debió de suceder con las abejas. No conocemos insectos vivos cuyo estadio de desarrollo pudiéramos considerar antecesor de las abejas de miel. Existen, sin embargo, especies de su mismo género, que viven solas, algunas con ciertos primeros indicios sociales y formas de crear colonias propias a distintos niveles de la organización estatal. Estos niveles intermedios, no son, tal y como viven en la actualidad, descendientes de los niveles dirigentes de los que provienen nuestras abejas. También las abejas han evolucionado mucho con el transcurso del tiempo. Mas a través de otras especies inferiores podemos imaginar la forma en que las abejas de miel han llegado a alcanzar el grado de excepcional desarrollo que presentan.

Abejas ermitañas

Para muchos será una sorpresa saber que la formación de un estado, dentro de la especie de las abejas, no es norma sino excepción. Conocemos varios miles de especies cuya vida transcurre totalmente en solitario. Algunas especies son casi idénticas a las abejas de miel, otras son mayores y más fuertes y algunas son tan delgadas y pequeñas que el profano las confun-

diría con las hormigas voladoras. Todas ellas construyen celdas, recogen miel y polen para su cría, pero cada hembra trabaja por sí sola, sin apoyo de las «obreras». Cada uno de estos seres tiene distinta manera de cuidar su cría. La forma en que lo hacen es muy curiosa, hasta el punto de que la vida de las abejas ermitañas constituye uno de los capítulos más interesantes de la biología de los insectos.

Existe, por ejemplo, la abeja que hace su nido en una ranura dentro de un tronco. En el fondo del agujero coloca el polen y el néctar, haciendo de ambos un pastel de miel y poniendo encima su huevo. A una determinada distancia, de forma que la cresa tenga suficiente espacio, construye una pared protectora de resina. Añade una segunda, tercera y cuarta cámara, cada una de ellas con su pastel de miel, su huevo, y su pared protectora de resina (fig. 110). Al final cierra el agujero de entrada con resina y no vuelve a ocuparse más de sus crías. Cada larva que sale encuentra el suficiente alimento para su desarrollo y se hace capullo dentro de su propia vivienda, que se compone de madera y resina. Llegado al estado de abeja excava su camino hacia la libertad. Los machos mueren pronto. Las hembras una vez apareadas construyen las cunas para sus crías, tal y como lo hicieron sus madres. Toda esta labor es de carácter intuitivo y sin previo aprendizaje. No llegan a conocer a ninguno de sus propios hijos.

¡O bien la abeja cortahojas! Escarba otro pasadizo en la madera podrida, vuelta más tarde a las hojas verdes de un arbusto de rosas o de lilas, o a un frambueso o similar, recorta con la afilada tijera de su mandíbula un trozo redondo, alargado, y lo lleva enrollado a su canal de madera. Así continúa y enrolla con los trozos de hoja un dedal como cuna. Alguien debe haber visto los cortes peculiares en las hojas (figura 111), sin conocer la causante de esos destrozos. En el dedal de hoja, reúne el pastel de miel y coloca el huevo

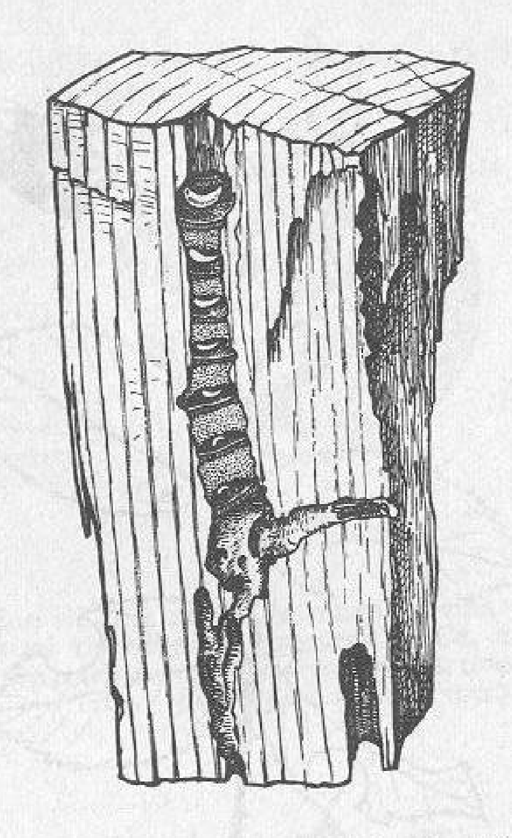


Fig. 110. La instalación recién terminada del nido de una *Eriades*. La larva mayor, al final ciego del conducto, ha agotado casi todas sus provisiones alimentarias, y su desarrollo está a punto de completarse. En las celdas más recientes las larvas son todavía más pequeñas. Cada cámara de una larva está provista de su pastel de miel y separada de las cámaras contiguas por paredes de resina. La madre se encuentra todavía en el canal de salida (tamaño natural)

encima, para más tarde cerrar la apertura con trozos de hoja en redondo.

No cabe la menor duda de que uno de los nidos más fantásticos son los de la abeja albañil. Para cada huevo busca una concha de caracol vacía, coloca en el fondo el pastel de alimento para la larva y, sobre él, su huevo (fig. 112). A cierta distancia fabrica una pared transversal de hojas masticadas, tapona el resto del interior de la caracola con pequeñas piedras y lo asegura, para que no se salga, con una segunda pared transversal de hojas aplastadas y endurecidas. No considerando estas normas de seguridad suficientes para

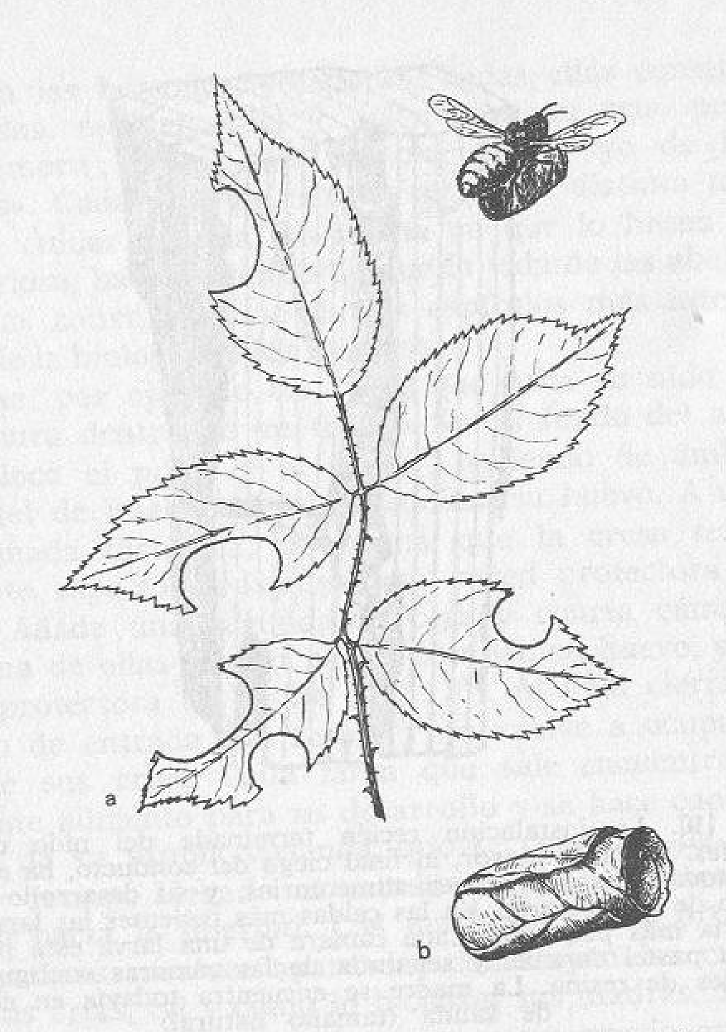


FIG. 111. *a*, Abeja cortadora de hojas en plena actividad; en las hojas se observan los efectos causados por haber recortado trozos; en la parte superior, una abeja se lleva un trocito de la hoja, hábilmente enrollado. *b*, Un dedal de hojas acabado, hecho de trocitos de hojas ovalados y cerrados a la derecha por trocitos redondos, que contiene el pastel de cebo y un huevo (tamaño natural)

su cría, que está expuesta a multitud de enemigos, construye un tejado de protección en forma de tienda de campaña (fig. 113), compuesto de hierbas, de finas ramitas y, si es necesario, de hojas de pino. Bajo este techo, que ha formado con mucha paciencia y después de continuos vuelos de ida y vuelta en busca de los materiales, la caracola desaparece totalmente.

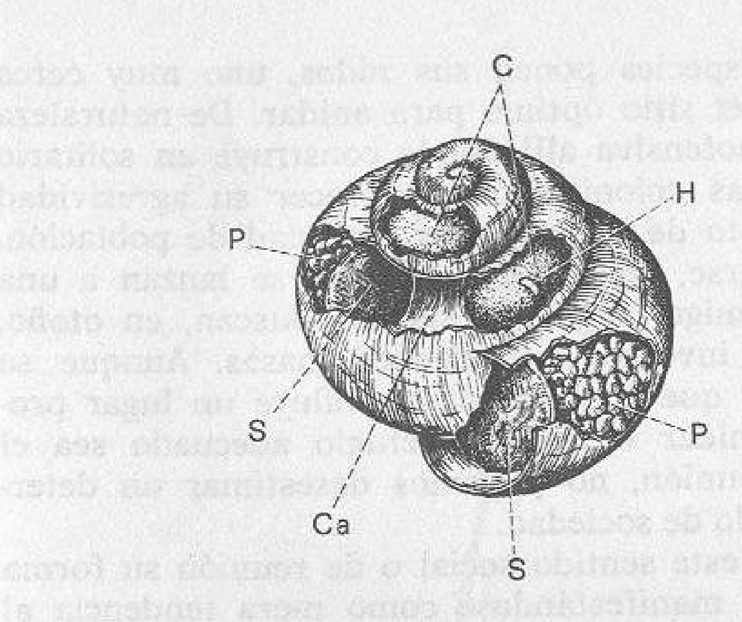


FIG. 112. Nido de una abeja de muro en una concha de caracol vacía. *C*, pastel de cebo; *H*, huevecillo; *Ca*, cámara de aire; *S*, paredes de separación formadas por hojas masticadas; *P*, piedrecitas. (Aumentado dos veces)

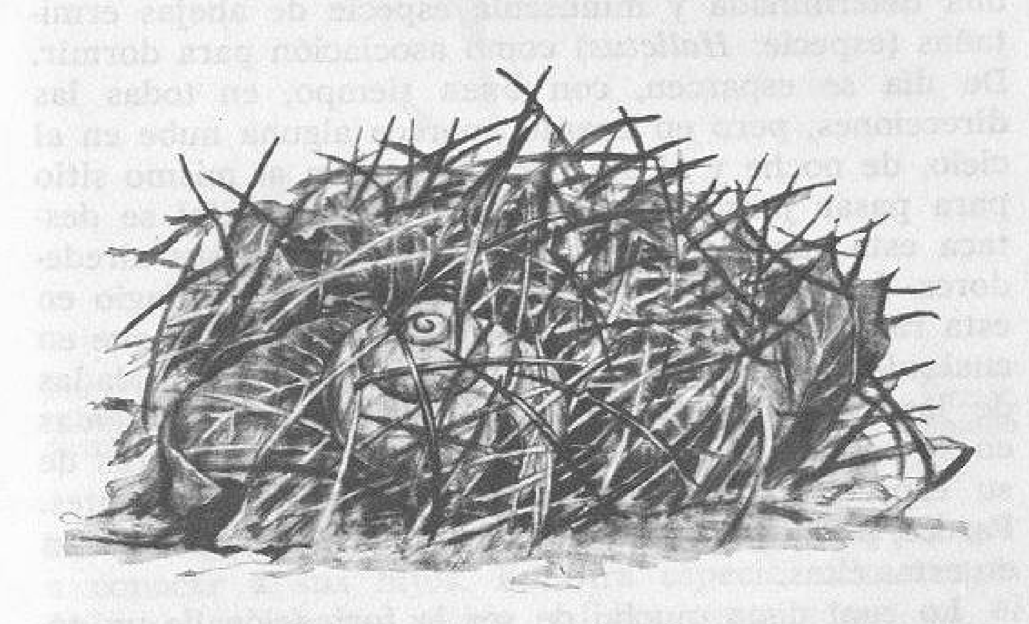


FIG. 113. La concha de caracol, en la que la abeja ha depositado su huevo, se oculta debajo de un cobertizo de tallos

Podríamos contar muchas más cosas sobre estas especies, pero nos ocuparemos sólo de las que se pueden considerar como protoindicios de la formación de una sociedad.

Algunas especies ponen sus nidos, uno muy cerca del otro, en el sitio óptimo para anidar. De naturaleza totalmente inofensiva allí donde construye en solitario o en pequeñas colonias, parece crecer su agresividad en el momento de tener mayor densidad de población. Para defenderse, en caso de peligro, se lanzan a una sobre el enemigo. Algunas especies buscan, en otoño, cuevas para invernar en grandes masas. Aunque se puede pensar que en estos casos influye un lugar propicio para anidar o que un refugio adecuado sea el motivo de reunión, no podemos desestimar un determinado sentido de sociedad.

Quizá sea este sentido social o de reunión su forma más genuina, manifestándose como mera tendencia al agrupamiento, sin mayor sentido u objeto. La figura 114 muestra el extremo de una rama de flor seca, en la que se han reunido algunos machos pertenecientes a una determinada y minúscula especie de abejas ermitañas (especie: *Halictus*) como asociación para dormir. De día se esparcen, con buen tiempo, en todas las direcciones, pero en cuanto aparece alguna nube en el cielo, de noche y al atardecer, retornan al mismo sitio para pasar juntos la noche. En nada especial se destaca esta rama de otras tantas que hay a sus alrededores. Las abejas no hallan ningún tipo de refugio en esta rama expuesta al viento y al frío, mientras que en cualquier capullo quedarían mucho más resguardadas de las inclemencias del tiempo. No están protegidas en su rama, no encuentran alimento y las hembras de su especie habitan en parajes totalmente diferentes. Parece, pues, que sólo buscan compañía y la encuentran en estas citas.

Lo cual dista mucho de ser la formación de un estado. Pero en cuanto las hembras se ven atraídas por el mismo sentido, la formación del estado se apuntala. Conocemos una especie de abejas que escarba un pasillo en suelo de barro, y forma de este material moldeable, una cueva con un panal frágil (fig. 115). Pone sus huevos en las celdas, cuida y alimenta las

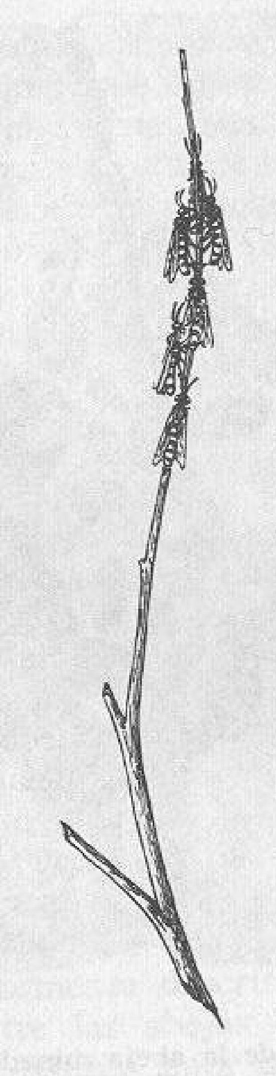


Fig. 114. Seis machos de la abeja minadora (*Halictus*) que se reúnen durante el mal tiempo y por la noche, para dormir, siempre en el mismo sitio del tallo seco de una flor (tamaño natural)

larvas, vigila el nido y es tan longeva como para llegar a conocer a sus hijos. En otra especie, afín a esta última, las abejas recién salidas permanecen en el mismo sitio en vez de diseminarse, amplían y construyen sobre el panal ya edificado por la madre, ponen sus huevos en el mismo nido y cuidan en conjunto de la cría. Quien se ocupa de traer el alimento lo hace para toda la colonia y no sólo para sus propias crías. El otoño destruye la vida comunal. En la primavera

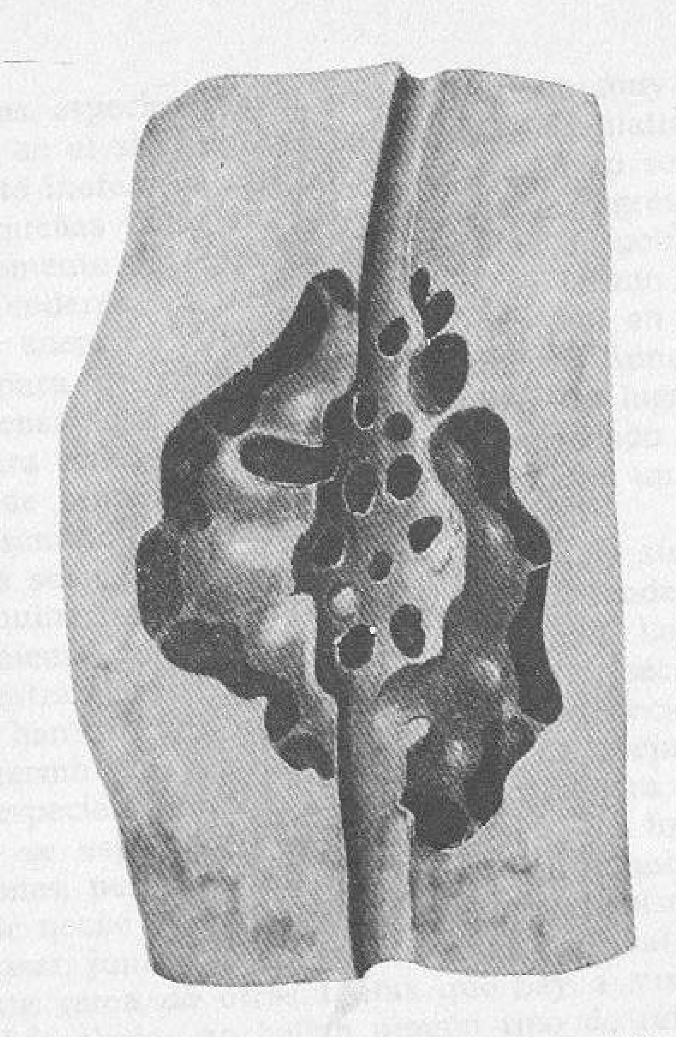


Fig. 115. Panal de barro de la abeja minadora *Halictus quadricinctus*, construido en una pared de barro; túnel de acceso y cueva para el nido descubiertos por delante; a la izquierda, una celda abierta (reducido a la mitad del tamaño natural)

inmediata cada madre comenzará de nuevo, primero como ermitaña y más tarde como fundadora de un pequeño estado.

No resulta adecuada la denominación de «abejas ermitañas» a la especie *Halictus marginatus*. En ellas, la fundadora del nido alcanza los cuatro-cinco años de edad, igual que la reina de las abejas de miel. Durante toda su vida mantendrá fidelidad a su vivienda. De año en año va aumentando el número de hijas, que, a su vez, amplían y construyen en el mismo habitat. De esta

forma se desarrolla una familia numerosa con más de cien miembros, hembras en su mayoría, casi todas vírgenes, cuya dedicación es buscar alimento, cuidar de la cría y construir. La fundadora del nido, no teniendo ya obligación alguna, permanece en el hogar y se convierte en la «reina» de la comunidad. Al final de este ciclo que dura varios años aparecen los machos que se aparean con las hembras y fundan una nueva colonia, en tanto que la antigua se descompone.

Si en este caso las hembras no apareadas son diferentes de las reinas, porque sus overas no están plenamente desarrolladas, existe otra especie (*Halictus malachurus*) de este género tan prolífero, más pequeñas y con un signo exterior que las caracteriza como «obreras». Con ello se realiza el paso al estado de abejorros.

El estado de los abejorros

A pesar de su grueso aspecto, los abejorros tienen tanto en común con las abejas en su morfología interna y externa, que la zoología los clasifica dentro de la misma «familia». En su modo de vida se asemejan a las formas anteriormente descritas y son un eslabón más de unión entre las abejas ermitañas y sociales. Esto quizá suene extraño para quien conozca el niño de los abejorros y no considere ermitaña a una reina que vive en medio de un pueblo que sabe defenderse y trabaja con asiduidad. Pero, mirésmolo de cerca.

Dentro de un tapiz de musgo en la linde de un bosque, entre los arbustos del manto de una pradera y en una ratonera abandonada, en todos esos sitios podemos encontrar un nido de abejorros. Un panal del tamaño de un plato (fig. 116), cubierto de una capa de cera o de musgo, llega a albergar desde un par de docenas hasta un par de cientos de habitantes. Tal es el habitáculo y la colonia de los abejorros.

La naturaleza les ha dotado de una trompa larga, con sedas y receptáculo, como lo tienen las abejas de

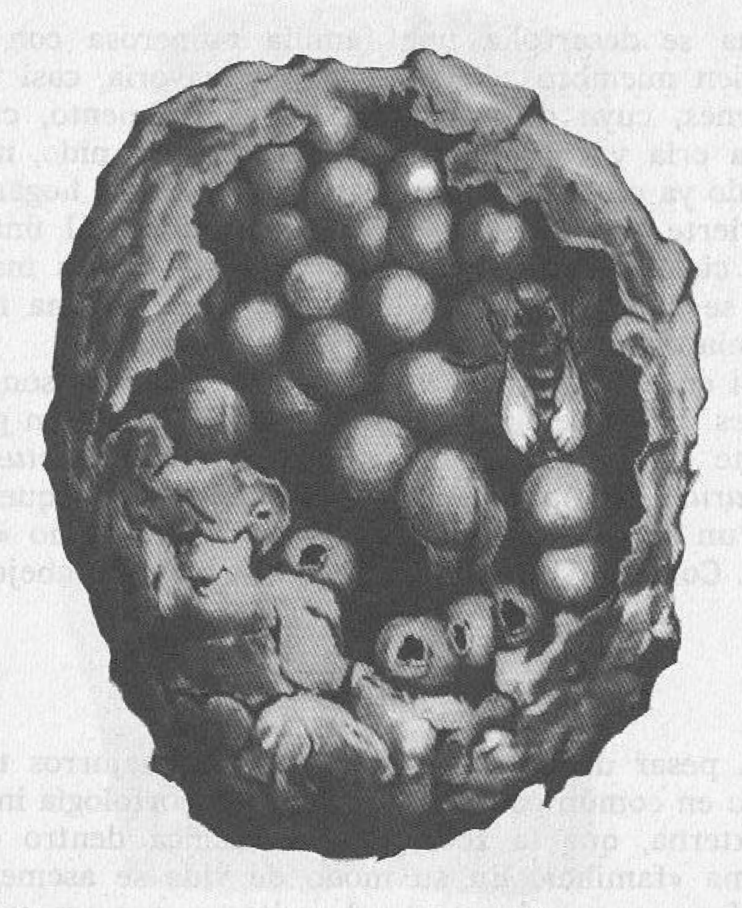


FIG. 116. Nido subterráneo del abejorro de piedra; el recubrimiento de cera ha sido retirado en parte para hacer visible el panal. A la derecha, la reina. Reducido a dos terceras partes del tamaño natural. *(Según Buttel-Reepen)*

miel; los abejorros recolectan néctar y polen como único alimento, van de flor en flor y son unos de los principales vectores. Utilizan cera húmeda en la construcción de su panal, que mezclan con resina y polen, y moldean en celdas redondeadas y toscas. Desconocen todavía la fabricación de las económicas celdas hexagonales. Ningún estado de abejorros aguanta en nuestras latitudes las inclemencias del invierno. Las hembras apareadas en otoño, pasan el invierno durmiendo en su refugio para formar, al año siguiente, una nueva colonia cada una.

Ya a principios de la primavera se las ve revolo-

teando sobre el suelo en busca de un lugar apropiado donde hacer sus nidos, u ocupadas en recolectar de las flores sus primeras provisiones. En este período, el abejorro, al igual que la abeja ermitaña, depende de sí mismo. Construye un nido frágil y pequeño, cerrado por todas partes menos por una que le sirve de entrada y salida. En el interior construye un recipiente circular de cera para la primera cría y al lado un cazo, en forma de botella abombada, que llena, como si de una jarra de provisiones se tratara, con miel para los días fríos de lluvia (fig. 117). En la primera celda pone aproximadamente media docena de huevos, colocando en su interior miel y polen. Cierra

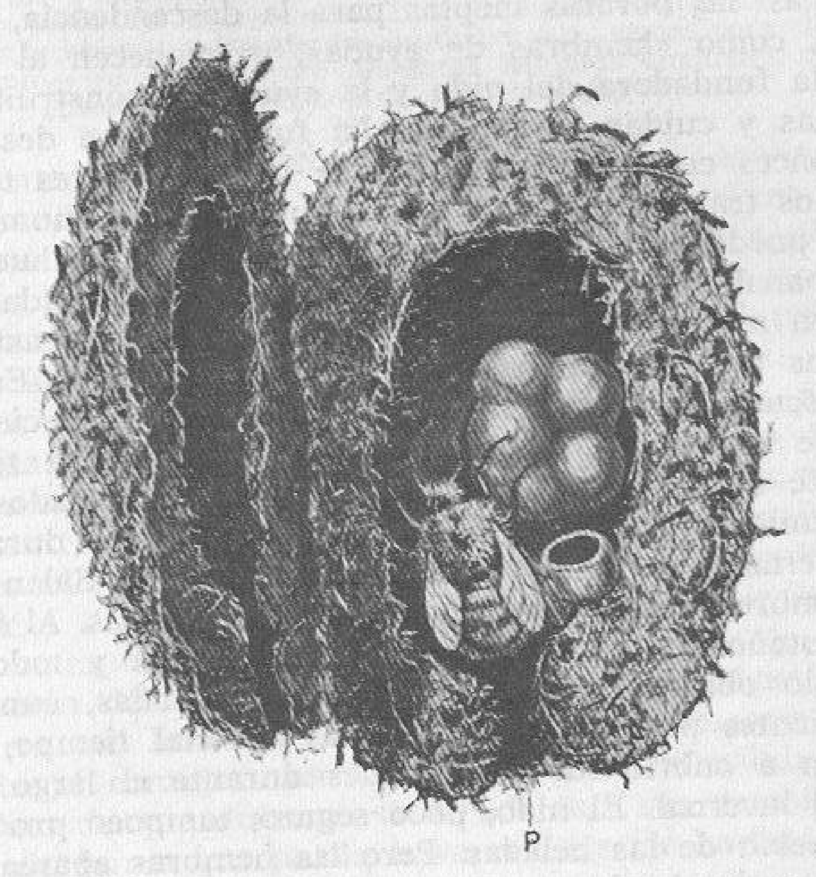


FIG. 117. Nido recién construido del abejorro de campo con la envoltura de musgo cortada y abierta. El nido está cerrado por todos los lados, con excepción de la piquera (*P*). La reina se encuentra todavía sola. En el pequeño panal se crían las primeras obreras. A la derecha, el depósito de miel (tamaño natural)

el agujero para mordisquearlo y abrirlo más tarde a fin de dar nuevo alimento a las cresas en crecimiento. Las cresas van sintiendo una falta de espacio en la celda común y el alimento se va haciendo escaso para tantas bocas hambrientas. Debido a esta razón la primera descendencia es pequeña y desnutrida. Después de un intervalo de tiempo cada cresa teje una red, formándose el capullo en su interior. La ahorrativa madre rasca el material de cera, ahora inservible, de la celda y lo utiliza en otra parte, de forma que los capullos quedan libres. Las hembras, que de por sí salen ya en inferioridad física, tienen, debido a su pobre alimentación, unas overas poco desarrolladas. Aparecen así las obreras ineptas para la descendencia, pero que, como «hembras de ayuda», permanecen al lado de la fundadora del nido y la ayudan a construir las celdas y cuidar de la cría. La fundadora se despega entonces como «reina». Cuantas más ayudantes tenga menos trabajo realizará, hasta que llegue el momento que pueda dedicarse únicamente a la puesta de huevos. El panal crece ahora más rápidamente, las celdas se hacen mayores, el alimento más abundante, y así las larvas se desarrollan con más fuerza y vigor. En el transcurso de la primavera-verano van apareciendo desde el animal hambriento hasta la hembra totalmente desarrollada, pasando por todos los estados de crecimiento (fig. 118). Junto a las hembras, y durante el verano, se crían también los machos. Salen en enjambre y van en busca de hembras jóvenes. Al final del otoño se mueren, como la reina vieja y todo el pueblo obrero. Las provisiones almacenadas, aunque suficientes para pasar las épocas de mal tiempo, no llegan a cubrir sus necesidades durante el largo período invernal. El nido, poco seguro, tampoco protege al pueblo de las heladas. Pero las hembras apareadas se esconden en lugares idóneos y se convierten en reinas al año siguiente.

Las obreras de las abejas de miel se distinguen de sus reinas por matices morfológicos y por tanto re-

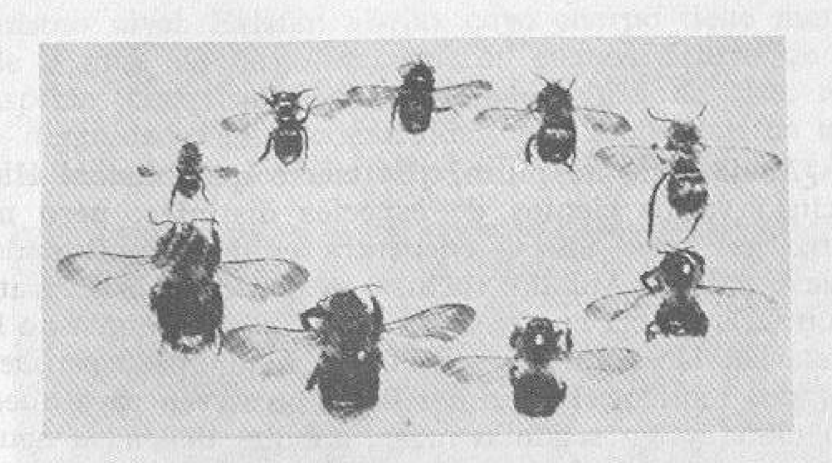


FIG. 118. Tamaños escalonados del abejorro de campo, procedentes todos del mismo nido, 2 de septiembre de 1935. Aparte de las hembras totalmente desarrolladas —las reinas para el año siguiente— se encontraron diminutas hembras auxiliares de la época de construcción del nido (tamaño natural)

presentan su propia «casta». Las hembras ayudantes de los abejorros son reinas venidas a menos. Pero uno se puede imaginar que —digamos por haber recibido malos tratos— se formaran estas ayudantas, incapaces de multiplicarse, pero sí pudo haber sido el primer paso hacia la formación de una casta de obreras.

La reina de los abejorros, al igual que la abeja ermitaña, comienza sus actividades al principio de la primavera. Pero se asemeja mucho a ésta en las zonas septentrionales, donde el corto verano no permite el desarrollo de varias generaciones. En estos lugares no llega a desarrollarse ni siquiera la hembra ayudante y la reina tiene que realizar todos los trabajos de construcción del nido y cuidados de la cría al igual que ocurre con la abeja ermitaña. Debe incluso estar contenta si consigue, en las pocas semanas cálidas del verano de que dispone, sacar adelante sus descendientes, de forma que pueda salvar su especie hasta el año siguiente.

Las abejas sin aguijón

¿Abejas que no pican? ¡Es cierto que existen! Hay incluso varios cientos de especies distintas; pero no entre nosotros. Se las encuentra en los trópicos del Nuevo y Viejo Mundo. Incluso en una ocasión se trató de traerlas hacia nuestras latitudes, pues, ¡a quién no le gustarían las rosas sin espinas! Fue un paso erróneo por dos motivos. En primer lugar no sirven para nuestro clima y, en segundo lugar, aunque tienen su aguijón venenoso atrofiado, muerden con mucha más fuerza cuando atacan en tropel a la persona que se acerca a su hogar. Se agarran a las partes del cuerpo humano más delicadas, en las axilas, en el rabillo del ojo, con tanta fuerza que si intentamos despegarlas antes dejarán arrancarse su cabeza que soltarse; la picadura de esta abeja resulta entonces bastante desagradable. Debido a sus múltiples rarezas se ha considerado las abejas sin aguijón como una propia subfamilia (*Meliponinen*) de las abejas de miel (*Apinen*). Son en algunos aspectos menos desarrolladas que las abejas de miel; no tienen una tan perfecta racionalización del trabajo ni tan calificado cuidado de la cría. Mientras que las larvas de las abejas de miel son atendidas con precisión, las *Meliponinen*, al igual que las abejas ermitañas, proveen los huevos con un pastel compuesto de polen y miel, cierran las celdas más tarde y vuelven a preocuparse de la naciente juventud. Para la construcción de la colmena utilizan cera de su propia cosecha, mezclada con tierra, barro o madera. Muchas especies ya tienen la habilidad de construir celdas hexagonales. En su organización comunitaria están bastante más desarrolladas que lo están los abejorros. Algunas viven en populosas colonias que se multiplican de forma muy parecida y a través de enjambres, como lo hacen nuestras abejas.

Por supuesto las múltiples especies no están a un

mismo nivel. Existen abejas cuyo cuerpo tiene menos de 2 mm. de largo, verdaderos enanos dentro de su especie, cuyas colmenas con sus celdas de cría, mal y descuidadamente construidas, nos recuerdan en mucho al nido de los abejorros (fig. 119). Otras, en cam-

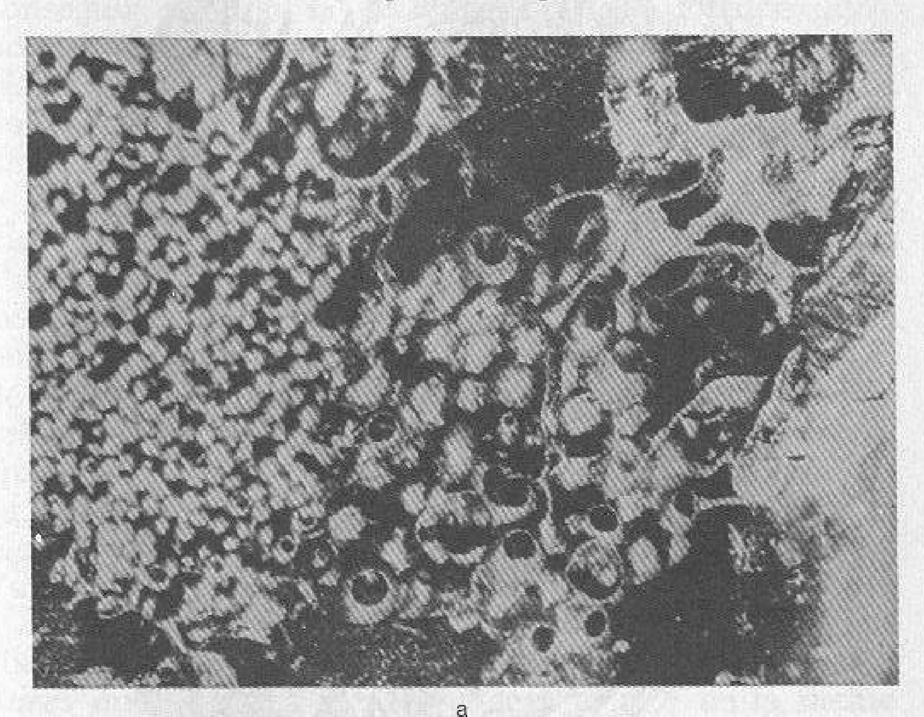




FIG. 119. *a*, El sencillo nido de una abeja sin aguijón (*Trigona iridipennis*). A la izquierda, las celdas de cría; a la derecha, de tamaño más grande, los depósitos de alimento. *b*, la abeja aumentada al doble del tamaño natural. *(Según M. Lindauer)*

bio, tienen formas suntuosas, son colmenas de cera regulares, que, al contrario de las colmenas de las abejas que están colgadas verticalmente, cuelgan horizontalmente y llevan sólo en un lado las celdas de las crías abiertas en la parte superior. Como recipientes de miel se utilizan aquí también los recipientes barrigudos, parecidos a los de los abejorros (fig. 120). En algunos casos son del tamaño de un huevo de gallina.

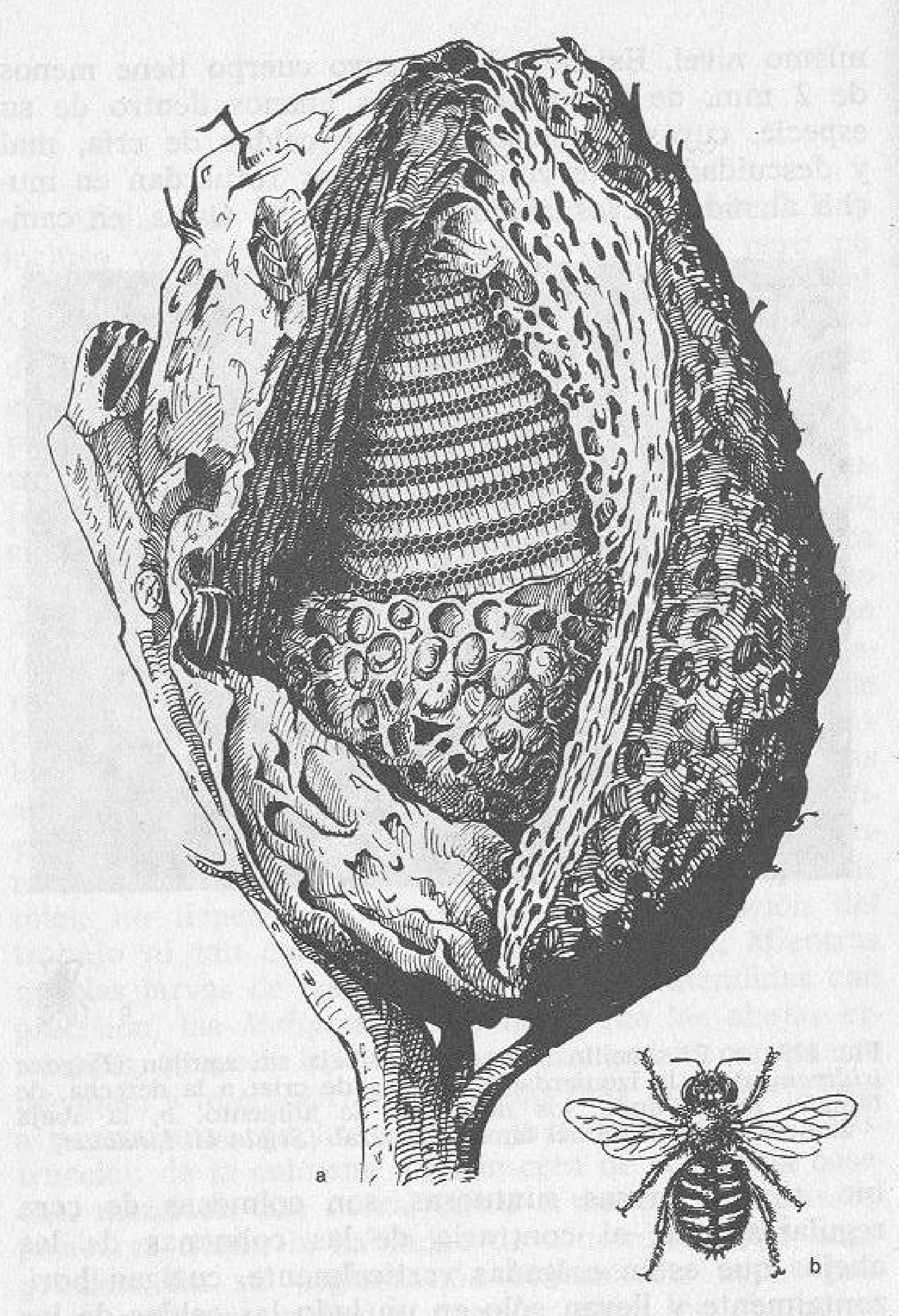


FIG. 120. *a*, Nido de una abeja sin aguijón *(Melipona)*; parte del recubrimiento ha sido retirado para que puedan observarse los panales construidos horizontalmente, con los alveolos abiertos por arriba, y los recipientes de miel debajo de ellos (reducido en gran proporción). *b*, La abeja, aumentada al doble de su tamaño natural. *(Según Doflein y Lindauer)*

Aparecen, al igual que en su forma de construir, una serie de variaciones en su organización social. Se insinuaba por tanto buscar en esta sociedad tan variada los escalones previos del entendimiento entre ellas mismas. ¿Cómo llegaron las abejas de miel a conseguir su idioma tan identificado? ¿Pueden quizá las investigaciones de sus familiares darnos algunas pistas para contestar a estas preguntas? Los abejorros no contribuyen en nada a la cuestión. Buscamos sin ningún éxito su capacidad de entendimiento.

En cambio, con las abejas sin aguijón nos encontramos que con su construcción similar al nido de los abejorros pueden representar la raíz del idioma de las abejas. Cuando estos animales encuentran una buena fuente de alimento avisan a sus compañeros de la forma más sencilla: a su vuelta al hogar la pecoreadora triunfante anda muy excitada por la colmena, empuja a los que están sin hacer nada, despierta así su interés y de pronto corre la primera y sale por la piquera haciendo marcados movimientos de vibración. Vuelve entonces de nuevo a la colmena para llevarse a otro grupo que la sigue y enseñarle el camino. Las abejas alertadas aprecian a través del *perfume de las flores* que les lleva la pecoreadora el olor de la fuente de alimento. Salen en vuelo sin tener ningún tipo de referencia sobre la dirección y distancia de su objetivo y buscan sin rumbo a ver si encuentran en algún sitio el olor prometido. De esta forma ocurre que pueden tener éxito, pero lo que sí queda claro es que su búsqueda no está dirigida.

Otros representantes, dentro de la misma especie *Trigona*, tienen un medio de entendimiento más perfeccionado. Si una de estas abejas encuentra a cierta distancia de su hogar un lugar con abundante alimento, al cabo de una hora estará atestado de pecoreadoras, como si se tratase de abejas de miel. Han sido conducidas por su descubridora hasta ese lugar. Pero esta especie secundaria de la abeja ha inventado un procedimiento propio: la descubridora avisa a sus com-

pañeras de forma muy primitiva, corriendo dentro de la colmena de un lado hacia otro, con zumbidos entrecortados. Sus compañeras salen de su nido y revolotean delante de éste. A la vuelta de su próximo vuelo de pecorea la primera abeja descansa delante de su hogar y desprende en hierbas, piedras y demás una secreción de su glándula mandibular muy desarrollada, cuyo olor es tan fuerte que se hace perceptible al olfato humano, dejando de esta forma una pista de perfume entre el nido y el lugar de alimento encontrado. Entonces se abalanza sobre el enjambre de sus compañeras y las guía siguiendo la pista odorífera hacia su objetivo, yendo y viniendo en su vuelo. Éste es el motivo por el cual las ayudantes no llegan una por una, como ocurre con las abejas de miel, sino en tropel y todas juntas. Este procedimiento tiene éxito cuando se trata de avisar a las masas sobre un objetivo determinado. Pero echamos de menos la promoción escalonada, como sucede en las abejas de miel, sobre las fuentes de alimento desiguales. Éstas han conseguido enviar sin acompañamiento a sus compañeras al lugar deseado, al mismo tiempo que indicar mediante la intensidad con que lo promocionan, junto con el tipo de olor característico, en qué número deben acudir las obreras, adaptándose por tanto a la rentabilidad de la fuente de alimento.

En otra especie de las abejas sin aguijón, en los tipos de *Melipona* (fig. 120), encontramos el primer paso hacia una descripción del lugar al que deben acudir: al igual que los tipos de *Trigona*, zumban a su regreso a la colmena después de haber encontrado un lugar de alimento apropiado, pero no como éstas, sin unas reglas y normas. Cuanto más largo es el camino hacia el lugar de su objetivo, tanto más largos se hacen las distintas exclamaciones de sonido entre sí, interrumpidas por pequeñas pausas. Por ejemplo, cada ½ segundo es para una fuente de alimento distante muy cerca de su nido, pero con 1 ½ segundos la distancia es de 700 metros. Existe, pues, una comunicación de

distancia en sus zumbidos. Según las personas que han observado tales signos los ocupantes del nido prestan atención a estas señales. También existe una indicación sobre el lugar a buscar, muy primitiva y limitada, que consiste en que las pecoreadoras con experiencia acompañan un trecho a las novatas en su primer vuelo, aunque éstas tienen que encontrar por sí mismas el lugar; se puede suponer que el éxito de éstas queda muy por debajo del que tienen los tipos de *Trigona* al hacer sus pistas.

Las formas intermedias hasta las *danzas de las abejas* con su perfecta descripción de la situación del objetivo, son desconocidas para nosotros. Suponemos que desaparecieron con los directos antecesores del *Apis*. De éstos, aparte de nuestras abejas de miel, sólo existen tres tipos, que se han quedado en su patria y zonas originales, es decir, en el sur de Asia. La esperanza de encontrar al menos en ellas algunos indicios sobre las últimas etapas de desarrollo del lenguaje de las abejas, nos indujo a hacer un viaje de estudio hacia esas zonas. No nos vimos defraudados en nuestro propósito.

En casa de las abejas hindúes

Nuestra abeja de miel (*Apis mellifica*) tiene tres primos hermanos tropicales: la abeja enana de miel (*Apis florea*), la abeja gigante de miel (*Apis dorsata*) y la abeja hindú (*Apis indica*). Su tamaño desigual es la diferenciación más notoria que tienen. Pero tampoco en su organización comunitaria se encuentran al mismo nivel.

La abeja hindú ocupa en su zona el puesto que para nosotros ocupa la abeja, es decir, como animal doméstico y suministradora de miel. Es menos sedentaria que nuestra abeja, cuando algo no le gusta, bien porque la pecorea escasea en los alrededores o bien porque la molestan las hormigas en su vivienda, se muda, sin

más, de sitio, abandona su colmena y se instala en otro lugar lejano en el bosque. Debido a ello el apicultor hindú tiene más molestias que el nuestro. No es raro que tenga que desplazarse y mirar si en algún árbol encuentra repuesto para las que le abandonaron. Por lo demás las abejas hindúes tienen una forma de vida muy similar a la de nuestras abejas. También su lenguaje danzarín se les asemeja en mucho.

Como más genuina, y por tanto más interesante, está la *abeja de miel enana*. Es un enano encantador; más pequeña que una mosca de vivienda, marcada de un rojo atezado en su parte trasera y adornada con cordones blancos. Construye una colmena de tamaño aproximado a un platito, siempre situada al aire libre en la rama de un arbusto poco poblado (fig. 121). La parte superior del panal envuelve la rama de la que está colgada y la ensancha de manera que se forma una plataforma horizontal: ¡la pista de baile de la pequeña comunidad! Aquí aterrizan las pecoreadoras cuando vuelven al hogar y aquí distribuyen sus noticias. Los tres tipos de abejas hindúes *Apis* tienen la misma forma de comunicación que nuestras abejas: danzas circulares para objetivos cercanos y danza de coleteo con indicación de distancia para lugares más apartados. Pero las abejas de miel enanas sólo bailan en la plataforma superior del panal, en una superficie horizontal, de cara al Sol y a un cielo azul. Si, cubriendo la plataforma, obligamos a las pecoreadoras a bailar sobre la superficie lateral, vertical, lo harán desordenadamente y sin sentido. No son capaces de traducir el ángulo solar con el ángulo de gravedad. Por tanto, sólo pueden indicar la fuente de alimento colocándose en la danza de coleteo sobre la pista de baile en el mismo ángulo hacia el Sol, como el que mantienen en su vuelo hacia el objetivo. También lo hace así en casos excepcionales nuestra abeja y hemos considerado esta actitud como la más sencilla y genuina (p. 173). La abeja de miel enana lo confirma, siendo entre las clases *Apis* de hoy día la más primitiva y que *sólo* baila de esta *forma*.

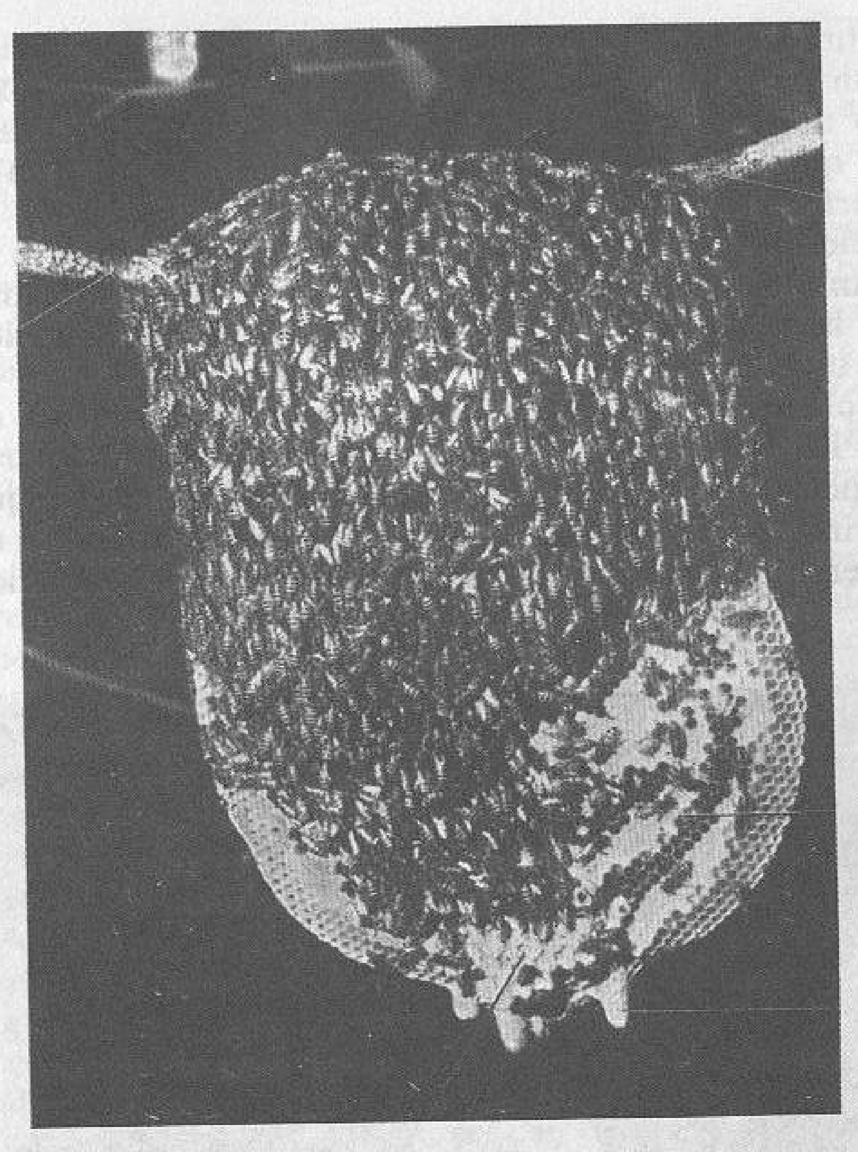


FIG. 121. El nido de la abeja enana (*Apis florea*) consiste en un panal del tamaño de la palma de la mano que cuelga de una rama. Las abejas fueron ahuyentadas de la parte inferior del panal, para que se viese el nido de cría. *A*, cría de obreras; *D*, cría de zánganos; *W*, realeras. Para evitar que las hormigas roben su miel, estas abejas aplican alrededor de la rama de soporte unos pegajosos «anillos viscosos» (*A*), formados por una masa parecida a la resina que se recolecta en las plantas.
(Fot. Dr. M. Lindauer)

Las abejas de miel gigantes son más grandes que nuestros avispones y sus picaduras son tan temidas como las de éstos. También ellas construyen un solo panal que puede alcanzar el diámetro de un metro. Es

igualmente colocado al aire libre, colgado de la rama de un árbol poco poblado (fig. 122) y a menudo también bajo una roca saliente. Esta especie ha dado un paso más que la abeja de miel enana al saber traducir en la superficie vertical de la colmena el ángulo solar al ángulo de gravedad. Pero no es capaz de hacerlo si durante la danza ve el Sol o el cielo azul. Por este motivo la abeja de miel enana tiene que poner su nido bajo un cielo raso.

Solamente las *abejas hindúes* y *nuestras abejas de miel* han sido capaces de memorizar el ángulo solar y traducirlo en un ángulo de gravedad. Éste era el requisito indispensable para habitar en árboles huecos o en agujeros en la tierra, que representan mayor protección



FIG. 122. «Árbol de abejas» en el Jardín Botánico de Peradeniya (Ceilán). El pueblo de la abeja gigante (*Apis dorsata*) construye un panal grande, suspendido libremente en árboles poco frondosos. *(Fot. Dr. M. Lindauer)*

ante los enemigos y las malas condiciones climatológicas. Tan sólo por este motivo pudieron instalarse en zonas donde —como es el caso de Alemania, por ejemplo— los pueblos que anidan libremente no sobrepasan el invierno.

A la vista de estos resultados de una «investigación comparativa del sistema de comunicación» entre abejas, podemos considerar como válido el siguiente razonamiento sobre el desarrollo del idioma entre abejas.

El principio fue que las pecoreadoras que obtenían resultados acaparaban la atención de sus compañeras debido a su excitado correr, mediante una vibración de los músculos de sus alas, que producía un zumbido. La vibración de los músculos de las alas es una costumbre muy común entre los insectos y sirve como calentamiento del cuerpo antes de emprender el vuelo, así como para mantener el calor entre dos vuelos. La compañera de nido reconocía por el perfume de la flor que despedía el cuerpo de su camarada la señal olorosa para encontrar la fuente de alimento, y con este bagaje se hacía la búsqueda. Se daba el paso hacia la notificación de distancia del nido cuando, a medida que aumentaba la distancia del objetivo, el zumbido se realizaba con expulsiones de sonido más largo, cual es el caso en algunas abejas sin aguijón. Una indicación sobre la dirección se realizaba cuando la pecoreadora experimentada acompañaba a las novatas un trecho del camino.

En la danza de las abejas se transmiten conjuntamente en el movimiento de cola las indicaciones sobre distancia y dirección. La creciente permanencia de los zumbidos y, como comunicación adicional, un coleteo simultáneo, nos indican con claridad que el tiempo de dicho coleteo es un símbolo de distancia. La indicación sobre la dirección se da en las abejas de miel enanas mediante la dirección del coleteo con relación a la posición del Sol. También éste es un paso comprensible: en lugar de hacer vuelos de acompañamiento hacían «movimientos intencionados», comparables con los continuados intentos de emprender vuelo, tal y

como se observa en bandadas de pájaros antes de su partida hacia un lugar de descanso o hacia la pradera donde suelen reunirse.

Pero ¿cómo llegaron las abejas a exteriorizar en la oscura colmena el ángulo del Sol a través del ángulo de gravedad? ¿Es que las abejas se reunieron en alguna fecha determinada para fijar una clave de traducción: dirección hacia arriba sobre el panal = dirección hacia el Sol en el vuelo, etc.?

Las características intelectuales de las abejas excluyen esta suposición. Su cerebro, del tamaño de una cabeza de alfiler, no está preparado para pensar. Su forma de actuar, por muy avanzada que nos parezca, proviene de instintos fijados hereditariamente y poco flexibles y que se sitúan dentro de los límites que les surgen en circunstancias normales.

Las experiencias con otros insectos nos han ampliado algo el conocimiento sobre este último paso en el desarrollo del idioma de las abejas. También el geotrupes utiliza a veces el Sol para no abandonar su camino recto. Lo realiza de forma que al arrastrarse por el suelo mantiene determinado ángulo con el Sol, o bien con una fuente de luz artificial, si se convierte en animalito de pruebas en experiencias científicas. Si de pronto lo dejamos a oscuras y al mismo tiempo inclinamos su superficie de forma que quede vertical, tomará respecto de la gravedad igual ángulo que el que mantenía anteriormente respecto de la luz. Esto no tiene para él ningún significado biológico. Quizá por pereza mental, permanece con su ángulo de orientación; cuando falla la luz se rige por otra sensación de orientación, en este caso la gravedad. Hemos observado algo muy similar con otras clases de insectos. Por tanto la transposición de las abejas, que se nos hacía tan difícil de comprender, es simplemente una característica genuina muy desarrollada de los centros nerviosos. Sólo se trataba de poner en práctica rectamente la codificación innata con objeto de comunicar a otros una orientación

adquirida con la experiencia y realizar, de esta forma tan curiosa, su función biológica.

Todo esto tiene un aspecto lógico; si bien sigue siendo lo suficiente enigmático para que no dejemos de sorprendernos.

conectada con la experiencia y realizar, de esta forma consciente, la función biológica.

Todo esto tiene un aspecto lógico, si bien sigue siendo lo suficientemente enigmático para que no dejemos de sorprendernos.

INDICE

ENSAYO

Los trabajos del zoólogo Karl von Frisch —premio Nobel de Medicina 1973— se han centrado, a lo largo de toda su larga existencia, en la explicación de los entresijos de la vida. Profundo admirador de la naturaleza, no se ha detenido frente a las dificultades que le ha impuesto la observación paciente y sistemática de la materia viva. Desde el protoplasma hasta el hombre, Frisch ha abarcado en sus descripciones a todos los organismos vivientes, con esa devoción humilde del filósofo que se inclina maravillado sobre el portento siempre renovado de la existencia animal.

La vida de las abejas es uno de sus libros más importantes. Como él mismo dice en el prólogo: «mi deseo es comunicar al lector el interés hacia la vida de las abejas, sin fatigarlo con la carga de las normas y reglas prácticas del colmenero». No es, entonces, un tratado de apicultura, sino, en su sentido más específico, el resultado de una investigación laboriosa y apasionante, cargada de dramatismo y alegría. Se trata, además, de una edición última, revisada y aumentada por su autor, en la que se ajustan muchos tópicos de las ediciones precedentes, para que podamos acceder a un texto que no intenta adornar con fantasías la poesía de la verdad.

EDITORIAL LABOR

